



TUGAS AKHIR- TL141584

ANALISA SIFAT AKUSTIK DAN MORFOLOGI MATERIAL KOMPOSIT POLYPROPYLENE BERPENGUAT SERAT BAMBU DAN RAMI

Hizkia Eben Haezer A.P.A
NRP. 2711 100 042

Dosen Pembimbing
Ir. Moh. Farid , DEA
Dr. Eng. Hosta Ardhyananta ST, MSc.

Jurusan Teknik Material dan Metalurgi
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2016



FINAL PROJECT- TL141584

**ACOUSTIC PROPERTIES AND MATERIAL
MORPHOLOGY ANALYSIS OF BAMBOO AND
RAMIE FIBER REINFORCED POLYPROPYLENE
COMPOSITE**

Hizkia Eben Haezer A.P.A
NRP. 2711 100 042

Advisor
Ir. Moh. Farid , DEA
Dr. Eng. Hosta Ardhyana, ST, MSc.

Department of Materials and Metallurgical Engineering
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2016

ANALISA SIFAT AKUSTIK DAN MORFOLOGI MATERIAL KOMPOSIT POLYPROPYLENE BERPENGUAT SERAT BAMBU DAN RAMI

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Metalurgi Manufaktur
Program Studi – S1 Jurusan Teknik Material dan Metalurgi
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

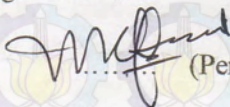
Oleh:

HIZKIA EBEN HAEZER ADI PUJO ANGGORO

NRP. 2711 100 046

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Ir. Moh. Farid, DEA



(Pembimbing I)

2. Dr. Eng. Hosta Ardhyana
ST, MSc.



(Pembimbing II)



ANALISA SIFAT AKUSTIK DAN MORFOLOGI MATERIAL KOMPOSIT POLYPROPYLENE BERPENGUAT SERAT BAMBU DAN RAMI

Nama Mahasiswa : Hizkia Eben Haezer Adi P. A.
NRP : 2711100042
Dosen Pembimbing : Ir. Moh. Farid, DEA
Dr. Eng. Hosta Ardhyanta, ST, MSc.

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisa material komposit dengan matriks polypropylene berpenguat serat natural, yaitu serat bambu betung dan serat rami untuk material absorpsi suara. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui hubungan perbedaan komposisi serat pada komposit dengan matriks polypropylene terhadap nilai koefisien absorpsi suara (α) dan morfologi dari material komposit diberikan, serta aplikasinya dalam material absorpsi suara yang memenuhi standar ISO 11654. Panjang serat yang digunakan adalah 10 mm dengan fraksi volume 20% serat : 80% matriks. Terdapat 3 macam variasi komposisi spesimen yaitu (5%B/15%R-PP), (10%B/10%R-PP), (15%B/5%R-PP). Selain itu material juga akan diuji TGA (Thermogravimetric Analysis) untuk mengetahui ketahanan komposit terhadap temperatur. Metode pembuatan komposit yang digunakan adalah *hand lay up* kemudian di panaskan dengan oven. Metode pengujian yang digunakan berdasarkan standart ASTM E1050, ASTM E2809 dan ASTM E1131. Hasil pengujian menunjukkan bahwa spesimen (5%B/15%R-PP) memiliki nilai α yang tertinggi pada sebagian besar rentang frekuensi, dan material absorpsi tergolong material absorpsi kelas D menurut ISO 11654. Hasil pengamatan dengan Scanning Elecron Microscope,

menunjukkan spesimen (5%B/15%R-PP) memiliki struktur dengan pori paling banyak dibandingkan spesimen lainnya. Uji TGA menunjukkan batas temperatur yang diperbolehkan untuk aplikasi material R/B-PP yaitu sebelum material tersebut mengalami degradasi massa yaitu dibawah 265°C.

Kata kunci : koefisien absorpsi suara, matriks polypropylene, morfologi material, serat bambu, serat rami.

ACOUSTIC PROPERTIES AND MATERIAL MORPHOLOGY ANALYSIS OF BAMBOO AND RAMIE FIBER REINFORCED POLYPROPYLENE COMPOSITE

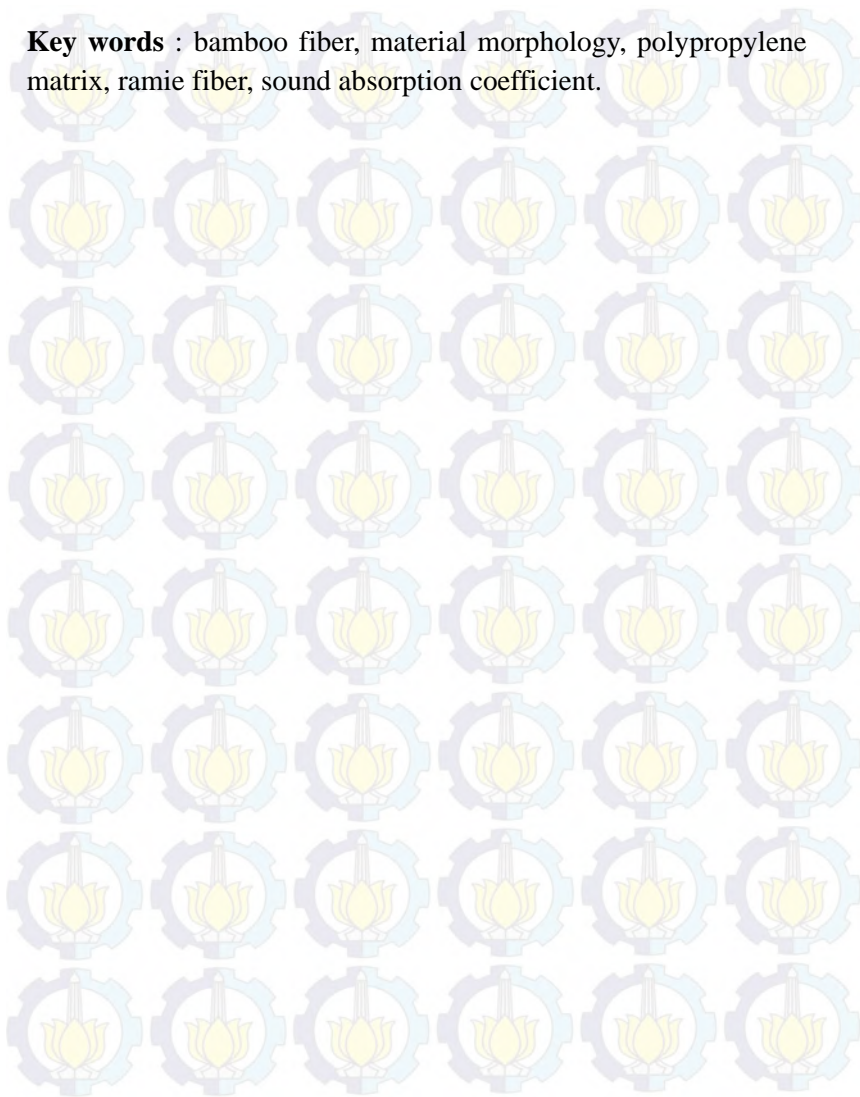
Name : Hizkia Eben Haezer Adi P. A.
NRP : 2711100042
Advisor : Ir. Moh. Farid, DEA
Dr. Eng. Hosta Ardhyanta, ST, MSc.

Abstract

This research was done to analyze polypropylene reinforced natural fiber composite material (bamboo and ramie fiber), for sound absorption material application. The goal this study is to understand the connection between the composition difference of the polypropylene composite, sound absorption coefficient (α) based on ISO11654 standard, and the morphology of the composite material itself. The length of the fiber was 10 mm with the volume fraction 20% fiber : 80% matrix. There were 3 variation of the composition that used, (5%B/15%R-PP), (10%B/10%R-PP), (15%B/5%R-PP). The materials have been tested using TGA (Thermogravimetric Analysis) to find the material endurance limit due to the temperature increase. The making of the composite was using hand lay up methode, and then heated using oven. The testing methode were using ASTM E1050, ASTM E2809 and ASTM E1131 standard. The test result indicates that the (5%B/15%R-PP) have a highest α at the most frequency range, and the material was classified as D class absorption material based on ISO11654. Obsevation result under the Scanning Elecron Microscope indicates that specimen (5%B/15%R-PP) have the most pores sturcture. The TGA test indicates that the temperature limit allowed for the material to

work is under 265 °C.

Key words : bamboo fiber, material morphology, polypropylene matrix, ramie fiber, sound absorption coefficient.



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus, atas limpahan berkat dan penyertaan-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul:

"ANALISA SIFAT AKUSTIK DAN MORFOLOGI MATERIAL KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT BAMBU DAN RAMI"

Dalam pengerjaan tugas akhir ini, penyusun mendapat bimbingan, bantuan, petunjuk serta saran-saran dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Tuhan Yesus Kristus, yang telah menyertai penulis sejak dalam pelaksanaan tugas akhir sampai
2. dengan penyusunan laporan tugas akhir.;
3. Orang tua dan keluarga penulis yang selalu memberikan dukungan dan memanjatkan doa kepada penulis.;
4. Bapak Ir. Moh.Farid, DEA, selaku dosen pembimbing tugas akhir dan dosen wali penulis, telah memberikan ilmu, bimbingan serta wawasan semenjak penulis memulai studi di ITS.;
5. Dr. Eng Hosta Ardhyanta, selaku dosen pembimbing tugas akhir dan telah memberikan ilmu, bimbingan serta wawasan
6. Bapak Dr. Agung Purniawan, S.T., M.Eng.,selaku Ketua Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS;
7. Bapak Dr. Lukman Noerochim, S.T., M.Sc.Eng, selaku kepala prodi S1 Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS;
8. Dosen dan karyawan yang telah membantu penulis untuk menyelesaikan perkuliahan di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS;

9. Nabilla Sabrina, Mustamir Abdillah, Aulia Rahman, Dede Pramono, selaku rekan-rekan yang telah berjuang bersama-sama mengerjakan tugas akhir material absorpsi suara;
10. Hateaway dan Crossline family yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan kepada penulis;
11. Keluarga MT13 yang selalu mendukung, menemani, dan membantu penulis sejak memulai perkuliahan hingga selesai;
12. Pihak-pihak lain yang telah membantu penulis sejak pengerjaan tugas akhir hingga penyusunan laporan kerja praktik yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kesalahan dan kekurangan dalam laporan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca. Semoga laporan kerja praktik ini dapat bermanfaat baik bagi penulis, pembaca, maupun pihak-pihak lain.

Surabaya, 30 Desember 2015

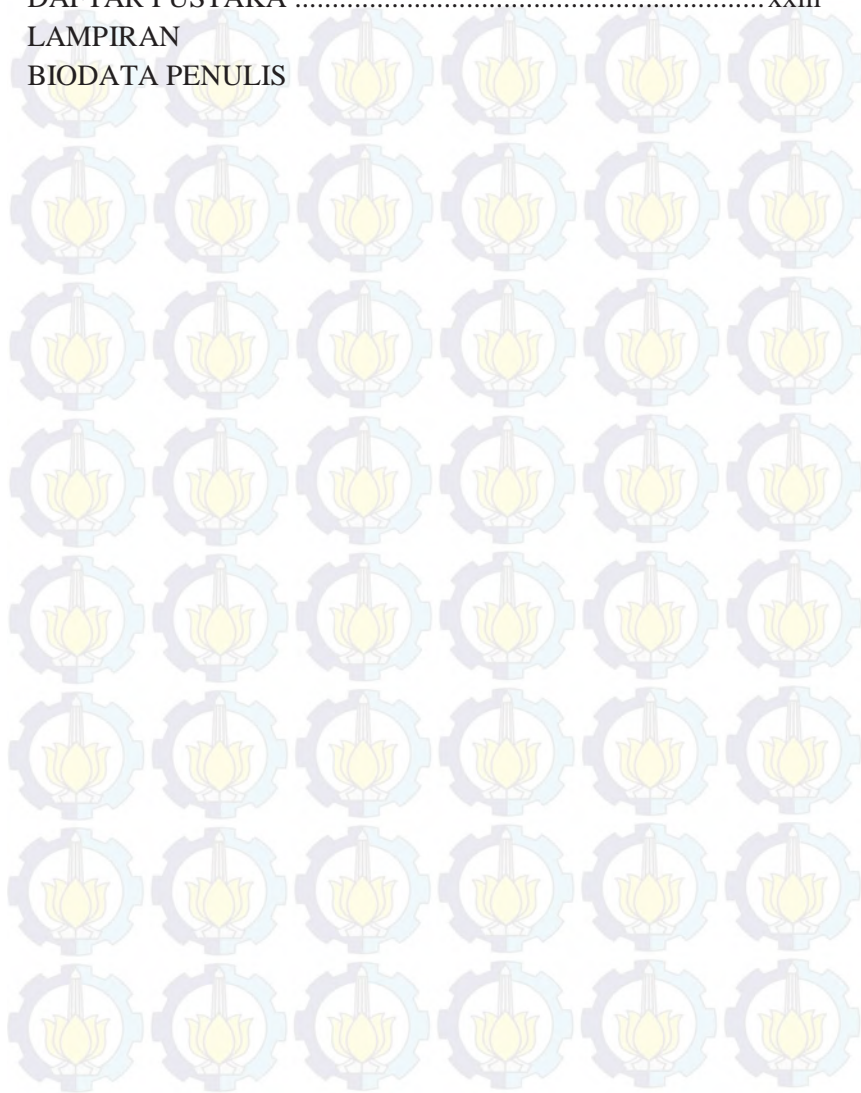
Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL.....	xxi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Komposit.....	5
2.1.1 Klasifikasi Material Komposit.....	7
2.1.2 Penguat Serat.....	11
2.1.2.1 Serat Alami.....	13
2.1.3 Matriks.....	14
2.1.3.1 Matriks Polymer.....	16
2.1.4 Polypropylene.....	17
2.1.5 Ikatan Antar-Muka Fiber-Matriks.....	19
2.2 Gelombang dan Bunyi.....	19
2.2.1 Gelombang.....	19
2.2.2 Bunyi.....	22
2.3 Absorpsi Suara.....	25
2.4 Material Akustik.....	27
2.5 Bambu.....	27

2.6 Rami	29
2.7 Aturan Pencampuran	31
2.8 Scanning Electron Microscope (SEM).....	33
2.9 Thermogravimetric Analysis (TGA).....	35
2.10 Lignin	37
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Diagram Alir Penelitian	39
3.2 Perlatan dan Bahan	40
3.2.1 Peralatan.....	40
3.2.2 Bahan.....	43
3.3 Variabel Penelitian	45
3.4 Rancangan Penelitian	45
3.5 Metode Penelitian	45
3.5.1 Persiapan Bahan	45
3.5.1.1 Pengolahan Serat Bambu.....	46
3.5.1.2 Pengolahan Serat Rami	46
3.5.1.3 Pengolahan Matriks Polypropylene Serbuk.....	46
3.5.1.4 Pembuatan Cetakan	47
3.5.1.5 Pembuatan Komposit	47
3.5.1.6 Pembakaran Spesimen	47
3.5.2 Proses Pengujian.....	47
3.5.2.1 Pengujian Koefisien Penyerapan Suara	47
3.5.2.2 Pengujian Scanning Electron Microscope (SEM)..	49
3.5.2.3 Pengujian Thermogravimetric Analysis (TGA).....	51
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Komposit Polypropylene Berpenguat Serat	53
4.2. Koefisien Absorpsi Suara (B/R-PP).....	56
4.3. Morfologi Serat	60
4.4. Hasil Pengujian Thermogravimetric Analysis.....	65
BAB V KESIMPULAN	
5.1 Kesimpulan	69

5.2 Saran	69
DAFTAR PUSTAKA	xxiii
LAMPIRAN	
BIODATA PENULIS	

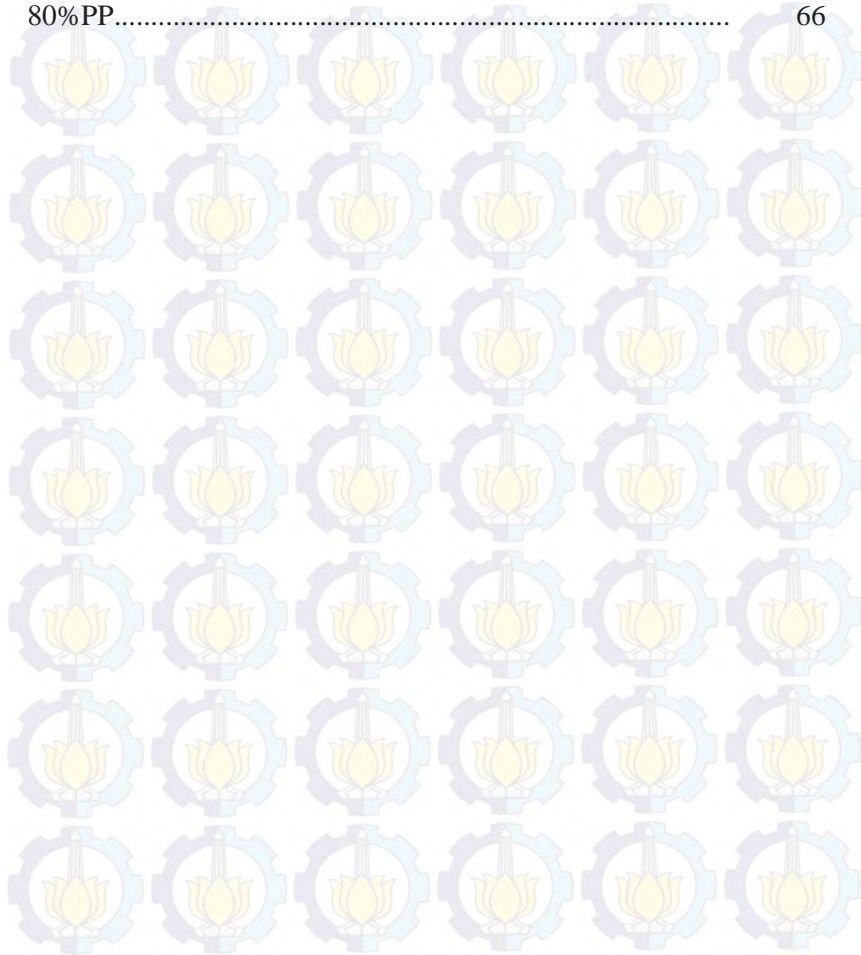


DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Struktur mikro komposit.....	6
Gambar 2.2 Tipe komposit berdasarkan struktur.....	9
Gambar 2.3 Tipe discontinous fiber.....	11
Gambar 2.4 Serat kayu sebagai Serat alami.....	14
Gambar 2.5 Polypropylene Random Copolymer r200p, pp raw material.....	18
Gambar 2.6 Monomer Propylene.....	18
Gambar 2.7 Polypropylene (atas) Isotactic (bawah) Syndiotactic.....	18
Gambar 2.8 Gelombang transversal.....	21
Gambar 2.9 Gelombang longitudinal.....	22
Gambar 2.10 Noise control.....	25
Gambar 2.11 Jenis pantulan suara.....	26
Gambar 2.12 Material akustik dan pengaplikasian.....	27
Gambar 2. 13 Bambu betung.....	29
Gambar 2.15 Tanaman rami.....	30
Gambar 2.15 Serat rami.....	31
Gambar 2.17 Mesin SEM.....	33
Gambar 2.18 Gambar cara kerja SEM.....	35
Gambar 2.19 Skema termogram bagi reaksi dekomposisi satu tahap.....	36
Gambar 2.20 Dekomposisi CaCO_3 pada atmosfer yang berbeda....	36
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	39
Gambar 3.2 Cetakan spesimen uji absorpsi suara.....	40
Gambar 3.3 Palu.....	41
Gambar 3.4 Nampan oven.....	41
Gambar 3.5 Penggaris.....	41
Gambar 3.6 Seng lembaran.....	42
Gambar 3.7 Oven.....	42
Gambar 3.8 Serat bambu betung	43

Gambar 3.9 Serat Rami	43
Gambar 3.10 Polypropylene serbuk.....	44
Gambar 3.11 Air.....	44
Gambar 3.12 NaOH.....	44
Gambar 3.13 Dimensi spesimen uji absorpsi suara.....	48
Gambar 3.14 Rangkaian alat uji absorpsi suara.....	48
Gambar 3.15 Dimensi spesimen uji absorpsi suara.....	49
Gambar 3.16 Alat uji SEM.....	50
Gambar 3.17 Dimensi spesimen uji TGA.....	51
Gambar 3.18 Alat uji TGA.....	51
Gambar 4.1 Spesimen uji absorpsi suara (5%B/15%R-80%PP)	54
Gambar 4.2 Spesimen uji absorpsi suara (10%B/10%R-80%PP)	54
Gambar 4.3 Spesimen uji absorpsi suara (15%B/5%R-80%PP)	54
Gambar 4.4 Spesimen uji SEM untuk komposit (5%B/15%R-80%PP) (kiri), komposit (10%B/10%R-80%PP) (tengah), komposit (15%B/5%R-80%PP) (kanan).....	55
Gambar 4.5 Spesimen uji TGA untuk komposit komposit (5%B/15%R-80%PP) (kiri), komposit (10%B/10%R-80%PP) (tengah), komposit (15%B/5%R-80%PP) (kanan).....	56
Gambar 4.6 Grafik perbandingan hasil pengujian absorpsi.....	59
Gambar 4.7 Hasil pengujian SEM komposit 15%B/5%R-80%PP perbersaran 500x.....	61
Gambar 4.8 Hasil pengujian SEM komposit 5%B/15%R-80%PP perbersaran 100x.....	62
Gambar 4.9 Hasil pengujian SEM komposit 10%B/10%R-80%PP perbersaran 100x.....	63
Gambar 4.10 Hasil pengujian SEM komposit 15%B/5%R-80%PP perbersaran 100x.....	63

Gambar 4.11 Grafik penurunan massa spesimen 5%B/15%R-80%PP.....	65
Gambar 4.12 Grafik penurunan massa spesimen 10%B/10%R-80%PP.....	66
Gambar 4.13 Grafik penurunan massa spesimen 15%B/5%R-80%PP.....	66



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Keuntungan dan kerugian dari komposit.....	7
Tabel 2.2 Tipe penguat komposit secara umum.....	9
Tabel 2.3 Perbandingan sifat polymer thermoset dan thermoplastic	17
Tabel 2.4 Jarak rentang frekuensi sumber bunyi.....	24
Tabel 3.1 Rancangan penelitian.....	45
Tabel 4.1 Hasil pengujian koefisien absorpsi suara material komposit.....	58



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Salah satu polusi terbesar di dunia adalah polusi suara (Berglund B, Lindvall T, 1995). Di tahun 90-an, World Health Organization (WHO) memiliki data yang mencemaskan tentang polusi suara di Amerika, sekitar 40% populasi manusia telah terpapar oleh kebisingan jalan raya dengan tingkat tekanan suara sebesar 55dB(A) pada siang hari, dan 20% populasi terpapar sebesar 65dB(A). Lebih dari 30% populasi telah terpapar pada waktu malam hari dengan tingkat tekanan suara sebesar 55dB(A), yang secara pasti akan mengganggu ketenangan saat tidur. Pada 10 tahun terakhir perkembangan manusia semakin meningkat dengan pesat, dalam bidang industri, teknologi, dan sudut pandang sosial. Banyak dari kegiatan manusia yang berhubungan dengan industri, penggunaan teknologi baru, atau interaksi sehari-hari dengan lingkungan menyebabkan kebisingan. Oleh karena itu polusi suara merupakan permasalahan besar yang perlu dipecahkan. Efek dari penurunan kesehatan yang disebabkan oleh paparan kebisingan telah diteliti dan diketahui secara luas (Passchier-Vermeer W, Passchier WF. 2000). Kebanyakan gangguan kesehatan seperti stress, yang menyebabkan tekanan darah tinggi, jantung koroner, stroke, dan lain-lain. Sebagian besar kasus yang terjadi, diagnosa penyakit-penyakit ini tidak segera ditanggapi dengan serius, sehingga menyebabkan penyakit serius pada penderitanya. Peredam suara merupakan salah satu teknik yang digunakan untuk mengurangi efek kebisingan di perkotaan. Akan tetapi, permasalahan ini tidak dapat dipecahkan secara menyeluruh dan membutuhkan penelitian yang lebih jauh untuk

menemukan material yang mampu meningkatkan performa dari solusi-solusi konvensional (Benkreira H, Khan A, 2011).

Namun di sisi lain, muncul kebutuhan untuk material baru dan inovatif yang mampu untuk memenuhi kebutuhan seperti efisien, ringan, dan tahan lama (Garcia-Valles, Avila G, 2008). Material komposit merupakan area penelitian yang sangat luas dan telah menjadi solusi untuk banyak permasalahan teknik. Sebagai contoh, komposit dengan penguat serat alam telah menyediakan solusi untuk memecahkan permasalahan limbah agro-forestry, menghindari pembakaran sisa-sisa industri yang dapat menyebabkan bertambahnya CO₂..

Untuk penelitian ini, akan digunakan serat bambu dan rami sebagai penguat material komposit. Serat bambu merupakan limbah organik yang banyak dihasilkan dari pabrik-pabrik pengolahan meubel dan dekorasi interior di Indonesia. Penggunaan serat bambu dapat mengurangi kebutuhan untuk pembakaran sisa industri manufaktur, menyediakan alternatif yang murah untuk kebutuhan serat alam, dan menambah nilai positif bagi industri agricultural. Selain itu keunggulan yang dimiliki oleh bambu yakni mudah didapat (khususnya di benua Asia), tidak membahayakan kesehatan, dapat terdegradasi secara alami (biodegradability) sehingga dengan pemanfaatan sebagai serat penguat komposit mampu memecahkan permasalahan lingkungan.

Selain bambu, dapat juga dipadukan serat natural yang lain. Salah satu contohnya adalah serat yang dibuat dari tanaman rami. Tanaman rami memiliki karakteristik yang unik, tanaman ini dapat tumbuh di wilayah manapun dan memiliki masa produktif yang baik. Daun, batang, dan akar tanaman rami memiliki manfaat. Daunnya memiliki antioksidan yang setara dengan teh hijau. Batangnya bisa dijadikan serat, akarnya juga bisa

dimanfaatkan sebagai benih (Asri Wulandari, 2015). Tentu saja rami sebagai serat natural memiliki biodegradability yang baik, sehingga komposit dengan serat rami dan bambu ini diharapkan dapat menjadi solusi untuk kebisingan akibat kemajuan teknologi dan industri manusia, tetapi juga dapat membantu permasalahan lingkungan.

1.2. Perumusan Masalah

Perumusan masalah yang terdapat dalam penelitian ini antara lain :

1. Bagaimana hubungan komposisi serat terhadap nilai koefisien absorpsi suara pada komposit serat bambu dan rami dengan matriks polypropylene?
2. Bagaimana hubungan komposisi serat terhadap morfologi material?
3. Bagaimana ketahanan komposit serat bambu dan rami dengan matriks polypropylene terhadap kenaikan temperatur?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini antara lain :

1. Mendapatkan hubungan nilai koefisien absorpsi suara pada komposit serat bambu dan rami dengan matriks polypropylene terhadap variasi komposisi serat yang diberikan.
2. Mendapatkan bentuk morfologi pada komposit serat bambu dan rami dengan matriks polypropylene terhadap variasi komposisi serat yang diberikan.
3. Mengetahui ketahanan komposit serat bambu dan rami dengan matriks polypropylene terhadap kenaikan temperatur.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

1. Kandungan pengotor diabaikan pada penelitian.
2. Kadar uap air serta gas yang ada pada atmosfer dianggap tidak berpengaruh.
3. Tidak melibatkan reaksi kimia antara matriks dengan fiber.
4. Distribusi serat dianggap merata.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Mendapatkan inovasi baru dalam pengembangan teknologi material komposit berpenguat serat alami dalam aplikasinya sebagai penyerap suara.
2. Memanfaatkan bahan dan limbah organik yang ada dan memberikan nilai guna yang lebih.
3. Dapat digunakan sebagai rujukan terhadap penelitian-penelitian yang berkaitan dengan penggunaan serat alami dalam aplikasi sebagai penyerap suara.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Komposit

Komposit merupakan kombinasi material dengan suatu cara, yang membuat kita dapat menggabungkan kelebihan dari material dan meminimalisir efek defisiensi nya (Bryan Harris, 1999). Menurut buku *Mechanics of Composite Materials*, komposit adalah struktur material yang terdiri dari kombinasi dua atau lebih unsur pokok yang digabungkan pada level makroskopik dan tidak larut satu sama lain (Autar K. Kaw, 2006). Material komposit harus dibedakan dengan paduan, yang terdiri dari dua atau lebih komponen tetapi terbentuk secara alami melalui proses pengecoran (*casting*). Material komposit dapat diarahkan dalam arah tertentu (*tailoring*) untuk memperoleh sifat-sifat yang diinginkan dengan pertimbangan komponen penyusun, proporsi, distribusi, morfologi, derajat kristalinitas, tekstur kristalografi, dan juga komposisi antarmukan antar komponen. Karena memiliki *tailorability* yang tinggi, material komposit dapat didesain untuk memenuhi kebutuhan teknologi yang berhubungan dengan pesawat ruang angkasa, otomotif, elektronik, konstruksi, biomedis dan industri lainnya. Maka dari itu material komposit merupakan material teknik paling komersial (Chung, 2010)

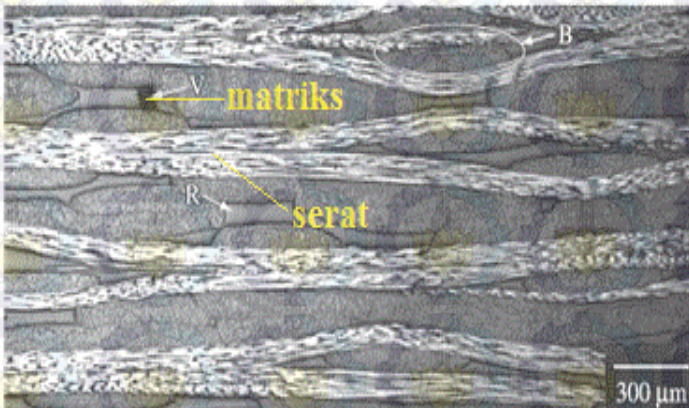
Komposit dibentuk dari dua atau lebih jenis material yang berbeda yang berperan sebagai :

2. Penguat (reinforcement) : Penguat sering juga disebut sebagai *Filler*. *Filler* merupakan bahan pengisi yang mempunyai sifat kurang ductile tetapi lebih kuat. *Filler* yang digunakan dalam pembuatan komposit biasanya



berupa serat atau serbuk. Serat yang sering digunakan dalam pembuatan komposit antara lain serat E-Glass, Boron, Carbon dan lain sebagainya. Bisa juga dari serat alam antara lain serat kenaf, rami, cantula dan lain sebagainya.

3. Matriks : Menurut Gibson R.F., matriks dalam struktur komposit bisa berasal dari bahan polimer, logam, maupun keramik. *Matriks* secara umum berfungsi untuk mengikat serat menjadi satu struktur komposit. Matriks bersifat lebih ductile namun mempunyai kekuatan yang lebih rendah.



Gambar 2. 1 Struktur mikro komposit
(<http://aml.engineering.columbia.edu/>)

Material komposit memiliki banyak keuntungan dan kerugian, yaitu:



Tabel 2.1 Keuntungan dan kerugian dari komposit

Keuntungan	Kerugian
Berat berkurang	Biaya bertambah untuk bahan baku dan fabrikasi
Kekuatan atau kekakuan dapat beradaptasi terhadap pengaturan beban	Sifat-sifat bidang melintang lemah
Biaya manufaktur rendah	Kelemahan matrik, kekerasan rendah
Konduktivitas termal atau konduktivitas listrik dapat meningkat atau menurun	Matriks dapat menimbulkan degradasi lingkungan
Lebih tahan terhadap korosi	Sulit dalam mengikat
Kehilangan sebagian sifat dasar material	Analisa sifat-sifat fisik dan mekanik sulit dilakukan

(sumber : repository.usu.ac.id)

2.1.1 Klasifikasi Material Komposit

Klasifikasi komposit yang sering digunakan antara lain seperti :

Berdasarkan terbentuknya, komposit dibedakan atas:

1. Komposit alam (*Natural Composites*) : Kayu, tulang, Bambu, Tebu, dll.
2. Komposit buatan: *Glass fiber reinforced plastic* (GFRP), *Metal Matrix Composite* (MMC), *Ceramic Matrix Composite* (CMC), dll.

Berdasarkan matriks yang digunakan komposit dapat dikelompokkan atas:



1. MMC: Metal Matriks Composite (menggunakan matriks logam)

Metal Matriks Composite adalah salah satu jenis komposit yang memiliki matriks logam. MMC mulai dikembangkan sejak tahun 1996. Pada mulanya yang diteliti adalah Continuous Filamen MMC yang digunakan dalam industri penerbangan.

2. CMC: Ceramic Matriks Composite (menggunakan matriks keramik)

CMC merupakan material dua fasa dengan satu fasa berfungsi sebagai penguat dan satu fasa sebagai matriks dimana matriksnya terbuat dari keramik. Penguat yang umum digunakan pada CMC adalah; oksida, carbide, nitride.

3. PMC: Polymer Matriks Composite (menggunakan matriks polimer).

Polimer merupakan matriks yang paling umum digunakan pada material komposit. Karena memiliki sifat yang lebih tahan terhadap korosi dan lebih ringan. Matriks polimer terbagi 2 yaitu termoset dan termoplastik. Perbedaan polimer termoset tidak dapat didaur ulang sedangkan termoplastik dapat didaur ulang sehingga lebih banyak digunakan belakangan ini. Jenis-jenis termoplastik yang biasa digunakan adalah polypropylene (PP), polystyrene (PS), polyethylene (PE), dan lain-lain.

Berdasarkan struktur penguatnya komposit dibedakan atas:

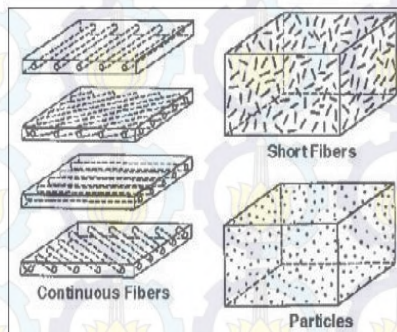
1. *Particulate Composite Materials* (komposit partikel) merupakan jenis komposit yang menggunakan partikel/butiran sebagai filler (pengisi). Partikel



berupa logam atau non logam dapat digunakan sebagai filler.

2. *Fibrous Composite Materials* (komposit serat) terdiri dari dua komponen penyusun yaitu matriks dan serat.
3. *Structural Composite Materials* (komposit berlapis) terdiri dari sekurang-kurangnya dua material berbeda yang direkatkan bersama-sama. Proses pelapisan dilakukan dengan mengkombinasikan aspek terbaik dari masing-masing lapisan untuk memperoleh bahan yang berguna.

Berikut gambar komposit dibedakan berdasarkan struktur penguatnya:



Gambar 2.2 Tipe komposit berdasarkan struktur

Berikut contoh tipe penguat komposit secara umum:

Tabel 2.2 Tipe penguat komposit secara umum

Form	Size(μm)		Fabrication Route	Examples
	d	L		
Monofilaments	100-150	∞	CVD onto core	SiC,



Laporan Tugas Akhir Jurusan Teknik Material dan Metalurgi

(large-diameter single fibres)			fibres (e.g. of C or W)	Boron
Multifilaments (tows or woven rovings with up to 14000 fibres per strand)	7-30	∞	Precursor stretching; pyrolysing; melt spinning	Carbon (HS & HM)
Short fibres (Staple fibres aggregated into blankets, tapes, wool, etc.)	1-10	50-5000	Spinning of slurries or solutions, heat treatment	Saffil [®] , Kaowool Fiberfrax [®]
Whiskers (fine single crystals in loose aggregates)	0,1-1	5-100	Vapour phase growth/reaction	SiC, Al ₂ O ₃
Particulate (loose powder)	5-20	5-20	Steelmaking byproduct; refined ore; sol-gel processing, etc.	SiC, Al ₂ O ₃ , B ₄ C, TiB ₂

Berdasarkan penempatannya terdapat beberapa tipe serat pada komposit yaitu:

1. *Continuous Fibre Composite*

Tipe ini mempunyai susunan serat panjang dan lurus, membentuk lamina diantara matriksnya. Tipe ini mempunyai kelemahan pemisahan antar lapisan.

2. *Woven Fibre Composite (bi-directional)*

Komposit ini tidak mudah dipengaruhi pemisahan antar lapisan karena susunan seratnya mengikat antar lapisan. Susunan serat memanjangnya yang tidak begitu lurus mengakibatkan kekuatan dan kekakuan melemah.

3. *Discontinuous Fibre Composite*

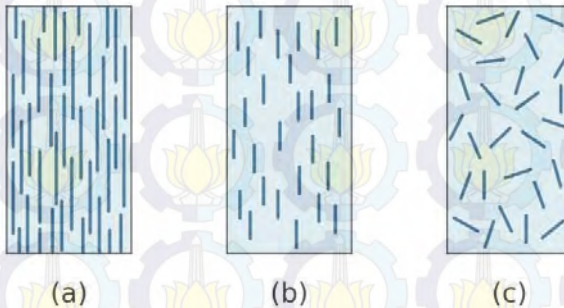
Discontinuous Fibre Composite adalah tipe komposit



dengan serat pendek.

Tipe ini dibedakan lagi menjadi 3 (Gibson, 1994):

1. *Aligned discontinuous fibre*
2. *Off-axis aligned discontinuous fibre*
3. *Randomly oriented discontinuous fibre*



Gambar 2.3 Tipe discontinuous fiber

(sumber : commons.wikimedia.org)

4. *Hybrid Fiber Composite*

Hybrid fiber composite merupakan gabungan antara tipe serat lurus dengan serat acak. Kelebihan tipe ini ialah dapat mengganti kekurangan sifat dari kedua tipe dan dapat menggabungkan kelebihan keduanya.

2.1.2 Penguat Serat

Serat adalah bahan pengisi matriks atau biasa disebut dengan *filler* yang berfungsi untuk memperbaiki sifat dan struktur yang tidak dimiliki oleh matriks. Serat memiliki sifat yang kuat, kaku, dan getas. Karena fungsi serat yang terutama adalah menahan gaya luar, ada dua hal yang membuat serat



menahan gaya yaitu:

1. Perekatan (bonding) antara serat dan matriks (intervarsial bonding) sangat baik dan kuat, sehingga tidak mudah lepas dari matriks (debonding)
2. Kelangsingan (aspect ratio) yaitu perbandingan antara panjang serat dan diameter serat yang cukup besar.

Pada umumnya, serat merupakan penahan beban, dimana matriks yang mengelilinginya berfungsi untuk menjaga serat berada pada posisi dan orientasi yang diinginkan, berfungsi sebagai penransfer beban, dan melindungi serat dari kerusakan yang disebabkan oleh lingkungan seperti perubahan temperatur dan kelembaban (Mallick, 2007). Arah orientasi serat penguat menentukan kekuatan komposit, arah serat sesuai dengan arah kekuatan maksimum. Menurut tata letak dan arah serat diklasifikasikan menjadi 3 bagian, yaitu : one dimensional reinforcement, two dimensional reinforcement (planar), dan three dimensional reinforcement. Three dimensional reinforcement mempunyai kekuatan yang paling tinggi dibandingkan yang lainnya.

Pada pencampuran dan arah serat perlu diperhatikan jika orientasi serat semakin acak maka sifat mekanik pada salah satu arah akan lemah, bila arah tiap serat menyebar maka kekuatannya juga akan menyebar kesegala arah atau dapat dikatakan kekuatannya meningkat.

Panjang serat berpengaruh terhadap kekuatan komposit. Terdapat 2 penggunaan jenis serat yaitu serat panjang dan pendek. Serat panjang lebih kuat dibandingkan serat pendek. Serat panjang lebih efisien dalam hal peletakannya jika dibandingkan serat pendek. Akan tetapi, serat pendek lebih mudah peletakannya dibanding serat panjang (Schwartz,1984)



Komposit berpenguat serat memiliki beberapa keuntungan sebagai berikut:

- Memiliki perbandingan panjang dengan diameter (*aspect ratio*) yang besar. Hal ini menggambarkan bahwa bila digunakan sebagai penguat dalam komposit, serat akan memiliki luas daerah kontak yang luas dengan matriks dibanding bila menggunakan penguat lain. Dengan demikian diharapkan akan terbentuk ikatan yang baik antara serat dengan matriks.
- "Size effect". Serat memiliki ukuran yang kecil sehingga jumlah cacat per satuan volume serat akan lebih kecil dibandingkan material lain. Dengan demikian serat akan memiliki sifat mekanik yang baik dan konsisten.
- Serat memiliki densitas yang rendah sehingga memiliki sifat mekanik spesifik (sifat mekanik per satuan densitas) yang tinggi.
- Fleksibilitas serat dan diameternya yang kecil membuat proses manufaktur serat menjadi mudah.

2.1.2.1 Serat Alami

Serat alami merupakan serat yang terbuat dari bahan-bahan alami seperti aren, serabut kelapa, pelepah pisang, serat pohon, residu kayu, dan lain-lain. Penggunaan serat alami bukanlah memberikan efek penguatan, tetapi hanya penambah massa dari material komposit sehingga mempunyai kekuatan dan kekakuan yang rendah bahkan menurunkan kekuatan dan kekakuan matriks sebelumnya.

Kelebihan dari serat alami yaitu:



- Ramah lingkungan, dalam fase produksi, proses, dan limbah
- Memiliki nilai elastisitas yang lebih tinggi ketika dipadukan dengan polimer
- Menunjukkan sifat isolasi akustik yang baik
- Menunjukkan sifat penyerapan getaran yang baik
- Memiliki metode proses yang sudah umum
- Harga komposit polimer berpenguat serat alami mencapai 2 hingga 3 kali lebih murah dibandingkan polimer berpenguat serat gelas
- Dapat diaplikasikan sebagai penguat untuk natural polimer seperti kanji, lignin, hemicellulose, karet, dll, sehingga material menjadi 100% *biodegradable* (Maria Wladyka-przybylak, 2010)



Gambar 2.4 Serat kayu sebagai Serat alami

(Sumber: www.nature.com)

2.1.3 Matriks

Matriks memiliki fungsi yang vital terhadap performa komposit. Beberapa fungsi dari matrix adalah:

- Mengikat fiber menjadi satu kesatuan, menahan fiber untuk tetap sejajar untuk menahan tekanan



dari arah tertentu. Beban yang dikenakan pada matriks ditransfer kepada fiber sehingga membuat komposit bertahan dari tekanan kompresi, gaya geser, dan bahkan beban tarik. Kemampuan matriks dengan penguat serat pendek untuk menahan beban tergantung dari kemampuan matrix sebagai media transfer-beban, dan efisiensi dari transfer-beban secara langsung berhubungan dengan kualitas ikatan serat/matriks.

- Matriks harus dapat mengisolasi antar serat sehingga serat menjadi entitas yang terpisah satu sama lain.
- Matriks harus melindungi filamen serat dari kerusakan mekanik (contohnya abrasi) dan dari serangan lingkungan. Namun banyak jenis resin yang digunakan sebagai matriks untuk serat gelas masih memungkinkan terjadinya difusi air, sehingga terkadang fungsi ini tidak terpenuhi dan akhirnya terjadi kerusakan yang disebabkan oleh lingkungan. Pada semen, sifat natural alkaline dari matriks itu sendiri akan merusak serat gelas, sehingga serat gelas tahan-alkali telah dikembangkan (Proctor & Yale, 1980) untuk mengatasi permasalahan ini. Untuk MMC atau CMC yang bekerja di temperatur yang tidak stabil, matriks perlu melindungi serat dari gangguan oksidasi.
- Matriks yang ulet akan berfungsi untuk memperlambat atau menghentikan crack yang disebabkan kerusakan serat, sedangkan matriks yang *brittle* bergantung kepada seratnya yang berfungsi sebagai penghenti crack pada matriks.



- Ditinjau dari kualitas “pegangan” pada serat (kekuatan ikatan antar-muka), matriks juga dapat menjadi faktor penting untuk meningkatkan ketangguhan komposit (Bryan Harris, 1999).

2.1.3.1 Matriks Polymer

Salah satu jenis matrix pada komposit adalah matriks polymer. Polymer merupakan molekul besar yang tersusun dari pengulangan molekul yang kecil dan sederhana. Ikatan dapat berbentuk garis (linear), dapat berbentuk rantai (chains), dapat pula berbentuk ranting (branched) yang berhubungan dalam ikatan 3-dimensi (Fred W. Billmeyer, Jr, 1970).

Terdapat 2 kalsifikasi matriks polymer berdasarkan pembentukannya:

- *Thermosetting Polymer*:
 - Polymer termoset yang paling banyak digunakan adalah epoxy, un-saturated polyester, dan vinyl ester.
 - Resin cair berubah menjadi solid yang keras disebabkan oleh reaksi *cross-linking*.
 - Sifat mekanik tergantung dari unit molekul, panjang, dan densitas dari *cross-linking*.
- *Thermoplastic Polymer*
 - Tidak ada *cross-linking*
 - Kekuatan dan kekakuan berasal dari sifat bawaan monomer dan berat molekulnya

Berikut perbandingan antara sifat polymer termoset dan thermoplastic ditinjau dari dimensi dan stabilitas lingkungan



Tabel 2.3 Perbandingan sifat polymer thermoset dan thermoplastic

Property	Thermosets		Thermoplastics		
	epoxy resins	polyester resins	Nylon 6.6	polypropylene	PEEK
Melting temperature (°C)	—	—	265	164	334
Distortion temperature (°C)	50–200	50–110	120–150	80–120	150–200
Shrinkage on curing (%)	1–2	4–8	—	—	—
Water absorption (24h @ 20 °C) (%)	0.1–0.4	0.1–0.3	1.3	0.03	0.1
Chemical resistance	Good, attacked by strong acids	Attacked by strong acids and alkalis	Good, attacked by strong acids	Excellent	Excellent

2.1.4 Polypropylene

Polypropylene merupakan salah satu jenis plastic yang paling ringan, dengan density sebesar 0,905. Kristalinitas yang tinggi (Berada pada nilai diantara HDPE (*High Density Polyethylene*) dan LDPE (*Low Density Polyethylene*)) dari polypropylene menyebabkan sifatnya yang memiliki ketahanan tarik, kekakuan, dan kekerasan yang tinggi. Polypropylene memiliki rasio kekuatan tinggi berbanding berat yang sangat menguntungkan untuk diaplikasikan dalam berbagai hal. Produk jadi dari polypropylene biasanya memiliki permukaan yang mengkilat dan tidak mudah rusak. Titik luluh yang tinggi juga merupakan kelebihan dari polypropylene, termasuk ketahanan tarik pada temperatur tinggi.

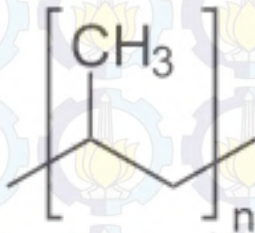
Polypropylene memiliki titik leleh sebesar 171°C (340°F). Komersial *isotactic* polypropylene memiliki titik leleh sebesar 166°C (320 hingga 331°F). Proses pelelehan polypropylene dapat menggunakan metode *extrusion* dan molding. Metode *extrusion* yang biasa digunakan adalah *melt-blown* dan *spun-bond extrusion* untuk membentuk *roll* panjang yang nantinya akan diproses menjadi berbagai macam produk seperti masker wajah, *filter*, popok bayi, dan tissue basah. Selain dalam



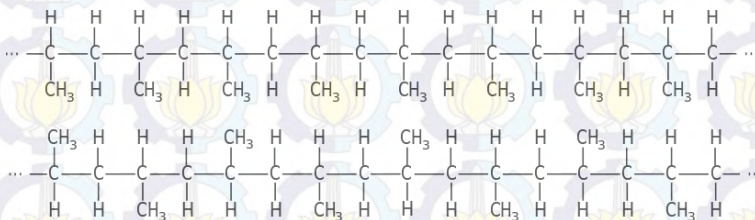
bentuk *roll* panjang, bentuk mentah polypropylene yang paling sering digunakan merupakan bentuk serbuk.



Gambar 2.5 Polypropylene Random Copolymer r200p, pp raw material



Gambar 2.6 Monomer Propylene



Gambar 2.7 Polypropylene (atas) Isotactic (bawah) Syndiotactic



Polypropylene memiliki sifat elektrik yang bagus, kelembaman kimia, serta ketahanan lembab seperti kebanyakan polymer hidrocarbon. Namun polypropylene kurang stabil jika dibandingkan dengan polyethylene ditinjau dari ketahanan panas, cahaya, dan gangguan oksidasi dan harus distabilkan dengan *antioxidant* dan penyerap cahaya ultraviolet untuk mendapat hasil yang memuaskan (Fred W. Billmeyer, Jr, 1970).

2.1.5 Ikatan Antar-Muka Fiber-Matriks

Komposit berpenguat serat banyak diaplikasikan pada alat-alat yang membutuhkan material yang mempunyai perpaduan dua sifat dasar yaitu kuat namun juga ringan. Komposit serat yang baik harus mampu menyerap matriks yang memudahkan terjadi antara dua fase (Schwartz, 1984).

Selain itu komposit serat juga harus mempunyai kemampuan untuk menahan tegangan yang tinggi, karena serat dan matriks berinteraksi dan pada akhirnya terjadi pendistribusian tegangan. Kemampuan ini harus dimiliki oleh matriks dan serat. Hal yang mempengaruhi ikatan antara serat dan matriks adalah *void*, yaitu adanya celah pada serat atau bentuk serat yang kurang sempurna yang dapat menyebabkan matrik tidak akan mampu mengisi ruang kosong pada cetakan. Bila komposit tersebut menerima beban, maka daerah tegangan akan berpindah ke daerah *void* sehingga akan mengurangi kekuatan komposit tersebut (Schwartz, 1984).

2.2 Gelombang dan Bunyi

2.2.1 Gelombang

Gelombang dapat didefinisikan sebagai getaran yang merambat melalui medium yang dapat berupa zat padat, cair, dan gas. Gelombang terjadi karena adanya sumber getaran



yang bergerak terus-menerus. Medium pada proses perambatan gelombang tidak selalu ikut berpindah tempat bersama dengan rambatan gelombang. Misalnya bunyi yang merambat melalui medium udara, maka partikel-partikel udara akan bergerak osilasi (lokal) saja.

Gelombang berdasarkan medium perambatannya dapat dikategorikan menjadi :

- Gelombang mekanik:

Gelombang mekanik terdiri dari partikel-partikel yang bergetar, dalam perambatannya memerlukan medium.

Contohnya gelombang bunyi, gelombang pada air, gelombang tali.

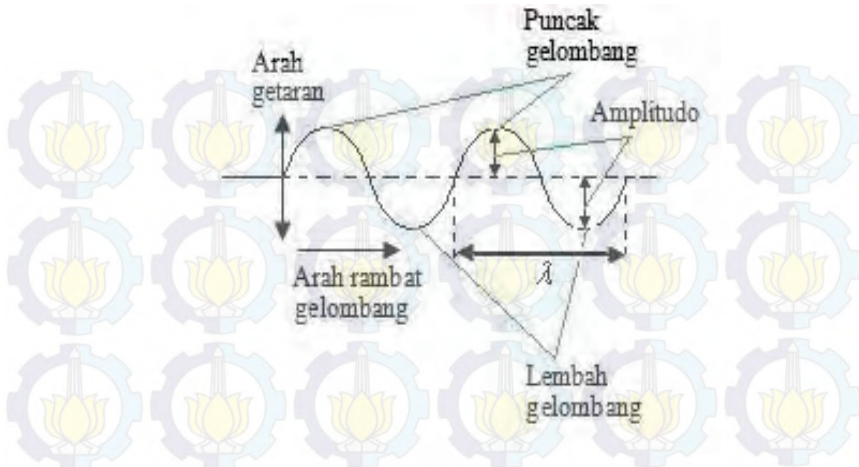
- Gelombang elektromagnetik:

Gelombang elektromagnetik adalah gelombang yang dihasilkan dari perubahan medan magnet dan medan listrik secara berurutan, arah getar vektor medan listrik dan medan magnet saling tegak lurus. Perambatan gelombang ini tidak memerlukan medium dan bergerak mendekati kelajuan cahaya. Contohnya sinar gamma (γ), sinar X, sinar ultra violet, cahaya tampak, infra merah, gelombang radar, gelombang TV, gelombang radio.

Berdasarkan arah getar dan arah rambat, gelombang dibedakan menjadi dua jenis yaitu:

- o Gelombang transversal

Gelombang transversal adalah gelombang yang arah rambatannya tegak lurus terhadap arah getarnya, contohnya gelombang pada tali, gelombang permukaan air, gelombang cahaya.



Gambar 2.8 Gelombang transversal

Keterangan :

λ = panjang gelombang (m)

Amplitudo = simpangan maksimum dari titik seimbang.

Jarak yang ditempuh oleh suatu gelombang per detik disebut cepat rambat gelombang. Cepat rambat gelombang dilambangkan dengan v dan satuannya m/s. Frekuensi (f) adalah banyaknya gelombang yang melewati satu titik tiap satuan waktu, satuannya 1/sekon. Periode (T) adalah waktu yang diperlukan oleh gelombang untuk melewati suatu titik, satuannya sekon. Hubungan antara v , λ , T , dan f ialah :

$$f = 1/T$$

$$\lambda = v \times T$$

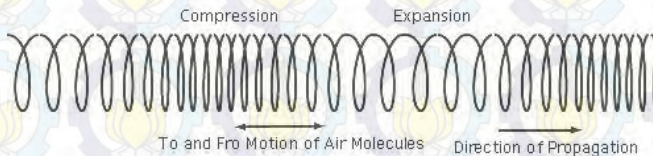
$$\lambda = v/f$$

$$v = \lambda \times f$$



- o Gelombang longitudinal.

Gelombang longitudinal adalah gelombang yang arah merambatnya searah dengan arah getarnya, contohnya gelombang bunyi dan gelombang pada pegas. Gelombang ini terdiri dari rapatan dan regangan. Rapatan adalah daerah-daerah dimana kumparan-kumparan mendekat selama sesaat. Regangan adalah daerah-daerah dimana kumparan-kumparan menjauh selama sesaat. Rapatan dan regangan berhubungan dengan puncak dan lembah pada gelombang transversal.



Gambar 2.9 Gelombang longitudinal

(sumber : pondscienceinstitute.on-rev.com)

2.2.2 Bunyi

Bruel dan Kjaer (1986) mendefinisikan bahwa bunyi identik dengan pergerakan gelombang di udara yang terjadi bila sumber bunyi mengubah partikel terdekat dari posisi diam menjadi partikel yang bergerak. Bunyi merupakan hasil getaran dari partikel-partikel yang berada di udara (Sound Research Laboratories Ltd, 1976) dan energi yang terkandung dalam bunyi dapat meningkat secara cepat dan dapat



menempuh jarak yang sangat jauh (Egan, 1972).

Doelle (1972) menyatakan bahwa bunyi mempunyai dua definisi, yaitu:

- Secara fisis, bunyi adalah penyimpangan tekanan, pergeseran partikel dalam medium elastik seperti udara. Definisi ini dikenal sebagai bunyi *Obyektif*.
- Secara fisiologis, bunyi adalah sensasi pendengaran yang disebabkan penyimpangan fisis yang digambarkan pada bagian atas. Hal ini disebut sebagai bunyi *subyektif*.

Secara harafiah, bunyi dapat diartikan sebagai sesuatu yang kita dengar. Bunyi adalah suatu bentuk gelombang longitudinal yang merambat secara perapatan dan perenggangan terbentuk oleh partikel zat perantara serta ditimbulkan oleh sumber bunyi yang mengalami getaran.

Gelombang bunyi adalah gelombang yang dirambatkan sebagai gelombang mekanik longitudinal yang dapat menjalar dalam medium padat, cair dan gas. Medium gelombang bunyi ini adalah molekul yang membentuk bahan medium mekanik ini (Sutrisno, 1988). Gelombang bunyi ini merupakan vibrasi/getaran molekul-molekul zat dan saling beradu satu sama lain namun demikian zat tersebut terkoordinasi menghasilkan gelombang serta mentransmisikan energi bahkan tidak pernah terjadi perpindahan partikel (Resnick dan Halliday, 1992).

Apabila gelombang bunyi mencapai batas maka gelombang bunyi tersebut akan terbagi dua yaitu sebagian energi ditransmisikan/diteruskan dan sebagian lagi direfleksikan/dipantulkan. (Giancoli, 1998).

Pada umumnya hewan menggunakan gelombang bunyi/suara untuk memperoleh perubahan informasi dan untuk



mendeteksi lokasi dari suatu objek. Misalnya ikan lumba-lumba, kelelawar, menggunakan gelombang bunyi untuk menentukan lokasi makanan, apabila cahaya tidak cukup untuk pengamatan (Ackerman, 1988).

Syarat terdengarnya bunyi ada tiga macam yaitu ada sumber bunyi, ada medium (udara), dan ada penerima/pendengar.

Jangkauan pendengaran telinga manusia dapat mendengar frekuensi 20 Hz sampai 20000 Hz. Jangkauan ini berbeda dari orang ke orang. Satu kecenderungan umum adalah jika bertambah tua, mereka makin tidak bisa mendengar frekuensi yang tinggi, sehingga batas frekuensi tinggi mungkin menjadi 10000 Hz atau kurang.

Tabel 2.4 Jarak rentang frekuensi sumber bunyi

Sumber Bunyi	Rentang Frekuensi (Hz)
Manusia	85-5000
Piano	30-4100
Pitch Music Standart	440
Terompet	190-990
Drum	95-180
Mobil	15-30000
Mesin Jet	5-50000

2.3 Absorpsi Suara

Kebisingan (*Noise*) dapat didefinisikan sebagai suara yang tidak diinginkan. Mesin-mesin industri, transportasi udara maupun darat, dan pekerjaan konstruksi diasumsikan menjadi kontributor terbesar dalam penghasil kebisingan sehingga disebut dengan polusi suara (Passchier-Vermeer W, Passchier WF. 2000). *Noise system* dapat dibagi dalam 3 elemen (Timothy Hirabayashi,



1999):

- *Noise Source*, yaitu elemen yang mengganggu udara.
 - *Noise Path*, yaitu medium untuk energi akustik dapat tersalurkan dari satu poin ke poin lain
 - *Noise Receiver*, seseorang yang berpotensi untuk terganggu dengan jumlah kebisingan yang diterima
- Terdapat 2 cara untuk mengontrol kebisingan, yaitu:

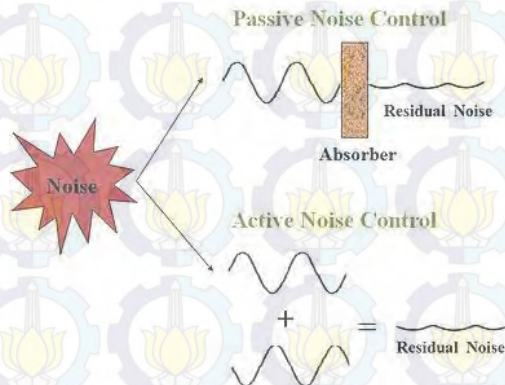
- *Active Noise Control*

Memodifikasi atau bahkan memutuskan gelombang suara dengan pendekatan electro-acoustical. Dapat dilakukan dengan cara menggunakan *actuators* sebagai sumber akustik untuk memproduksi signal yang mengeliminasi gelombang noise. Dapat juga dengan cara menggunakan material *vibro-elastic* untuk meradiasi sebuah gelombang suara yang akan mengganggu gelombang tersebut dan mengurangi intensitasnya.

- *Passive Noise Control*

Memodifikasi lingkungan yang dekat dengan sumber suara. Contohnya menggunakan material penyerap suara

Berikut ilustrasi Noise Control:



Gambar 2.10 Noise Control



Saat menabrak permukaan suatu benda, gelombang suara dapat terpantul, diteruskan, atau terserap. Besar energi yang terpantul, diteruskan, atau terserap ini tergantung dari sifat akustik dari permukaan material tersebut. Suara yang terpantul dapat dikembalikan seluruhnya, atau dapat juga dihamburkan. Berikut gambar ilustrasi gelombang suara ketika menabrak suatu benda:



Gambar 2.11 Jenis pantulan suara

Penyerap suara memiliki fungsi untuk meminimalisir pantulan dari gelombang suara tersebut. Koefisien absorpsi dilambangkan dengan α , digunakan untuk mengukur besar suara yang diserap oleh suatu material.

Koefisien absorpsi dapat dijelaskan secara matematis dengan persamaan:

$$\alpha = 1 - I_R/I_I$$

dimana α , I_R , dan I_I merupakan koefisien penyerapan suara, intensitas satu sisi dari suara yang terpantul (reflected), dan intensitas satu sisi suara datang (incident)

Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai α , maka semakin besar gelombang suara yang diabsorpsi oleh material (dibubah menjadi panas diantara material) atau ditransmisikan kedalam material, dan semakin kecil yang dipantulkan. Semakin kecil nilai α , maka semakin kecil gelombang suara yang diserap oleh material tersebut (Michael Ermann, 2015).



2.4 Material Akustik

Material akustik adalah material teknik yang fungsi utamanya adalah untuk menyerap suara/bising. Material akustik merupakan suatu bahan yang dapat menyerap energi suara yang datang dari sumber suara. Pada dasarnya semua bahan dapat menyerap energi suara, namun besarnya energi yang diserap berbeda-beda untuk tiap bahan. Energi suara datang yang tiba pada suatu bahan akan diubah sebagian oleh bahan tersebut menjadi energi lain, seperti misalnya getar (vibrasi) atau energi panas. Oleh karena itu, bahan yang mampu menyerap suara pada umumnya mempunyai struktur berpori atau berserat.

Bahan-bahan akustik yang tergolong sebagai bahan penyerap suara antara lain adalah *glass wool*, *rock wool*, *soft board*, *carpet*, kain, busa, *acoustic tiles*, *resonator*, dan lain-lain. Berikut gambar material akustik dan pengaplikasiannya:



Gambar 2.12 Material akustik dan pengaplikasian

2.5 Bambu

Bambu merupakan tanaman dengan pertumbuhan tercepat dan ketahanan hidup terbaik di Bumi (Walter Liese, 2015). Selama berabad-abad bambu memiliki peran yang sangat membantu kehidupan manusia dalam kesehariannya. Selama 10



tahun terakhir bambu memiliki nilai yang sangat penting karena fungsinya sebagai pengganti kayu. Bambu masuk dalam klasifikasi rumput tinggi, yang memiliki batang seperti kayu. Bambu masuk ke dalam *subfamily* Bambusoidae dari *familia* rumput Poaceae (or Geminaceae). Terdapat 1300 spesies bambu yang berbeda di seluruh dunia dan menghabiskan 25 miliar hektar area. Bambu memiliki struktur batang dengan lubang pada bagian dalam di sepanjang batangnya. Tunas bambu dapat tumbuh hingga memiliki panjang 10-30 meter dalam beberapa bulan dengan diameter sebesar 5 hingga 30 cm pada musim hujan. Tergantung dari tipe, lokasi, dan iklim, laju pertumbuhan tahunan bambu dapat mencapai 5-12 metric ton biomass per hektar. Dalam 3-4 tahun, bambu dapat mulai dipanen dengan selektif. Bambu dapat berregenerasi secara alami, dan merupakan *renewable raw materials* (Walter Liese, 2015).

Untuk penelitian ini akan digunakan bambu Betung. Bambu Betung (*Dendrocalamus asper*) ialah bambu yang amat kuat, dengan jarak ruas pendek, tetapi memiliki dinding yang tebal sehingga tidak begitu liat. Garis tengah bambu betung 80-130 mm, panjang batang 10-20 m. Bambu ini sering ditanam dan tumbuh pada daerah ketinggian 1900 mdpl. Berikut gambar bambu betung:



Gambar 2.13 Bambu Betung

Bambu betung memiliki serat yang panjang yaitu 4,69 mm. Serat yang panjang ini akan membantu terbentuknya jalinan ikatan antar serat yang lebih baik sehingga memiliki kekuatan yang tinggi dan tidak mudah ditembus oleh cahaya. Tebal dinding serat dari bambu betung tipis yaitu 0,009 mm akan memudahkan serat untuk melembek dan menjadi pipih sehingga memberikan permukaan yang luas bagi terjadinya ikatan antar serat, akibatnya kekuatan tariknya tinggi. Bambu betung memiliki nilai *slenderness* (Perbandingan antara diameter lumen dengan diameter serat) yang tinggi, sehingga sifat lentur serat akan semakin besar akibatnya pembentukan ikatan antar serat akan lebih baik.

2.6 Rami

Tanaman rami (*Boehmeria nivea*) selama ini dikenal sebagai bahan baku tekstil pengganti kapas yang sudah dibudidayakan di Indonesia sejak masa penjajahan Belanda. Seratnya diambil untuk diolah menjadi bahan baku tekstil, dengan



Laporan Tugas Akhir Jurusan Teknik Material dan Metalurgi

kualitas yang baik jika dibandingkan dengan bahan baku serat alam lainnya. Berikut gambat tanaman rami:



Gambar 2.14 Tanaman Rami

Tanaman rami memiliki karakteristik yang unik. Tanaman ini bisa tumbuh di wilayah manapun dan memiliki masa produktif yang baik. Dalam 3-4 bulan, tanaman ini sudah bisa dipanen dan berlangsung hingga 8 tahun. Bergantung pada kondisi tanah dan perawatannya, dapat dihasilkan sekitar 36 ton batang basah dengan rendemen antara 3,5% - 4,0%, sehingga diperoleh serat rami *china grass* sekitar 1,3 ton per hektar. Adapun limbah hasil dekortikasi batang rami tersebut sebanyak sekitar 96% atau 34,7 ton per hektar limbah basah yang pada umumnya hanya dimanfaatkan sebagai kompos atau pakan ternak (Rifaida Eriningsih, 2009). Berikut gambar serat rami yang telah siap digunakan untuk produksi:



Gambar 2.15 Serat Rami

Daun, batang, dan akar tanaman rami memiliki manfaat. Daun tanaman rami memiliki antioksidan yang setara dengan teh hijau. Batang tanaman rami bisa dijadikan serat, dan akar tanaman ini juga bisa dimanfaatkan sebagai benih. Namun di Indonesia, tanaman ini kurang populer, penyebabnya adalah gagalnya sistem pengembangan agribisnis yang tidak dirancang secara hulu hilir teknologi.

Pada penelitian Farid dan Heriyanto tahun 2013, absorpsi suara material komposit dengan penguat serat rami mencapai 99% dalam ruangan, dan pada frekuensi 1255 Hz energi suara yang dipantulkan hanya sebesar 1%. Pada penelitian Farid, dkk tahun 2015, untuk material poliester berpenguat serat rami mengalami kenaikan nilai koefisien absorpsi suara yang signifikan pada frekuensi 125 Hz, sedangkan dengan penguat serat bambu mengalami kenaikan signifikan pada frekuensi 1000 Hz.

2.7 Aturan Pencampuran

Sifat-sifat komposit pada umumnya ditentukan oleh



beberapa faktor, antara lain : jenis, bentuk geometris dan struktur, rasio perbandingan, daya lekat, orientasi bahan penguat bahan penyusun, dan proses pembuatan.

Total massa dari komposit ialah jumlah dari massa fiber dan matriks, dituliskan dengan persamaan :

$$m_c = m_m + m_{f1} + m_{f2}$$

$$\rho_c \cdot V_c = \rho_m \cdot V_m + \rho_{f1} \cdot V_{f2} + \rho_{f1} \cdot V_{f2}$$

sehingga didapatkan massa jenis dari komposit :

$$\rho_c = (\rho_m \cdot V_m + \rho_{f1} \cdot V_{f2} + \rho_{f1} \cdot V_{f2}) / V_c$$

apabila di rubah kedalam fraksi massa persamaannya menjadi :

$$\rho_c = 1 / (m_{f1}/\rho_{f1} + m_{f2}/\rho_{f2} + m_m/\rho_m)$$

selain itu, untuk mempermudah perhitungan dari fraksi volum ataupun fraksi beratnya dapat dituliskan dengan persamaan :

$$M_{f1} + M_{f2} + M_m = 1$$

$$V_f + V_m + V_v = 1$$

Dimana :

m_c : massa komposit (gr)

ρ_c : massa jenis komposit (gr/cm³)

V_c : volume komposit (cm³)

m_{f1} : massa fiber 1 (gr)

ρ_{f1} : massa jenis fiber 1 (gr/cm³)

V_{f1} : volume fiber 1 (cm³)

m_{f2} : massa fiber 2 (gr)

ρ_{f2} : massa jenis fiber 2 (gr/cm³)

V_{f2} : volume fiber 2 (cm³)

m_m : massa matriks (gr)

ρ_m : massa jenis matriks (gr/cm³)

V_m : volume matriks (cm³)

M_{f1} : fraksi massa fiber 1



- M_{f2} : fraksi massa fiber 2
 M_m : fraksi massa matriks
 V_{f1} : fraksi volume fiber 1
 V_{f2} : fraksi volume fiber 2
 V_m : fraksi volume matriks
 V_v : fraksi volume void

2.8 Scanning Electron Microscope (SEM)

Scanning electron microscope (SEM) bertujuan untuk melakukan observasi terhadap karakterisasi dari material organik dan non-organik, pada material berukuran nanometer (nm) hingga micrometer yang bersifat heterogenus (Goldstein, Joseph I, 2003). SEM menjadi populer karena kemampuannya untuk dapat menghasilkan gambar 3 dimensi dari permukaan sebuah material dengan macam yang sangat beragam. SEM digunakan untuk berbagai macam media, dari jurnal sains hingga majalah populer atau bahkan digunakan untuk keperluan film. Kegunaan utama SEM adalah untuk mendapatkan gambar topografi suatu benda dalam perbesaran 10-10000x.



Gambar 2.17 Mesin SEM

(sumber: ksu.edu.tw)

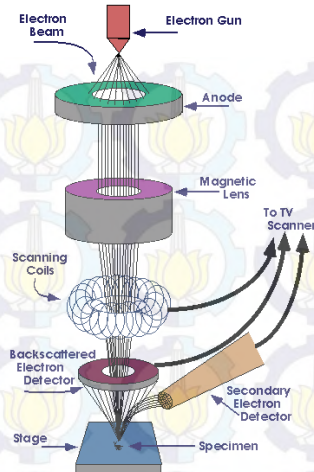


Dalam SEM, area yang akan diteliti atau mikrovolume yang akan dianalisis dipapar dengan beam elektron yang difokuskan dengan baik, yang memungkinkan menyapu permukaan spesimen untuk membentuk suatu gambar, yang memungkinkan untuk diteliti dalam suatu posisi statis. Beberapa jenis signal yang dihasilkan dari interaksi dengan gelombang elektron, adalah *secondary electron*, *backscattered electron*, *characteristic x-rays*, dan beberapa foton dengan energi yang bervariasi. Signal ini dapat digunakan untuk menyelidiki berbagai macam karakteristik dari sample (topografi permukaan, kristalografi, komposisi, dll)

Cara Kerja SEM adalah:

- Elektron dilepaskan oleh ujung *electron gun*
- Lensa elektromagnet menyearahkan dan memfokuskan berkas elektron
- Koil pemindai mengarahkan berkas elektron terfokus pada spesimen
- Detektor menangkap sinyal dari elektron

Untuk ilustrasi cara kerja SEM dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.18 Gambar cara kerja SEM

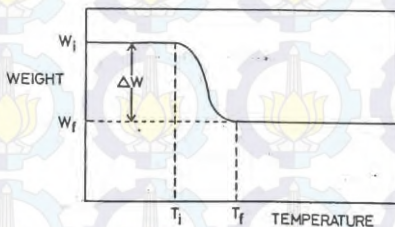
(purdue.edu)

2.9 Termogravimetric Analysis (TGA)

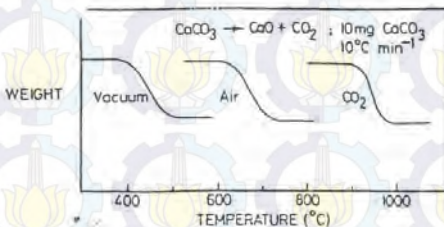
Termogravimetri adalah teknik untuk mengukur perubahan berat dari suatu senyawa sebagai fungsi dari suhu ataupun waktu. Hasilnya biasanya berupa rekaman diagram yang kontinu; reaksi dekomposisi satu tahap yang skematik diperlihatkan pada Gambar 2.20 sampel yang digunakan, dengan berat beberapa miligram, dipanaskan pada laju konstan, berkisar antara 1 – 20 oC /menit, mempertahankan berat awalnya, W_i , sampai mulai terdekomposisi pada suhu T_i . Pada kondisi pemanasan dinamis, dekomposisi biasanya berlangsung pada range suhu tertentu, $T_i - T_f$, dan daerah konstan kedua teramati pada suhu diatas T_f , yang berhubungan harga berat residu W_f . Berat W_i , W_f , dan ΔW adalah harga-harga yang sangat penting dan dapat digunakan pada perhitungan kuantitatif dari perubahan komposisinya, dll. Bertolak belakang dengan berat, harga T_i dan



T_f , merupakan harga yang bergantung pada beragam variabel, seperti laju pemanasan, sifat dari padatan (ukurannya) dan atmosfer di atas sampel. Efek dari atmosfer ini dapat sangat dramatis, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.21 untuk dekomposisi CaCO_3 ; pada kondisi vakum, dekomposisi selesai sebelum ~ 500 oC, namun dalam CO_2 tekanan atmosfer 1 atm, dekomposisi bahkan belum berlangsung hingga suhu di atas 900 oC. Oleh sebab itu, T_i dan T_f merupakan nilai yang sangat bergantung pada kondisi eksperimen, karenanya tidak mewakili suhu-suhu dekomposisi pada equilibrium.



Gambar 2.19 Skema termogram bagi reaksi dekomposisi satu tahap



Gambar 2.20 Dekomposisi CaCO_3 pada atmosfer yang berbeda

(Sumber: academia.edu)

Sebagian besar material mengalami perubahan fisika dan kimia ketika panas diberikan kepada material tersebut, dan dalam



hal ini biasanya merupakan perubahan yang tidak diinginkan terhadap sifat dari material tersebut. Terdapat dua perbedaan dalam perubahan ini, yaitu dekomposisi termal dan degradasi termal. Dekomposisi termal merupakan proses perubahan struktur kimia yang disebabkan oleh thermal. Sedangkan degradasi termal merupakan proses dimana panas menyebabkan kenaikan temperatur dari suatu material, yang menyebabkan kehilangan atau perubahan sifat fisik, mekanik, atau elektrik (Beyler, Craig L.2002)

2.10 Lignin

Lignin berasal dari kata dalam bahasa latin *lignum*, yang berarti "kayu". (Sjöström, E. 1993) Lignin merupakan unsur pokok dari dinding sel pada hampir semua tanaman di darat. Lignin merupakan polimer organik kompleks yang membentuk struktur pengikat serat pada tanaman. Lignin bereaksi dengan soda api atau dengan sodium hydroxide (NaOH). Ion Na berikatan dengan lignin dan menghasilkan sodium lignate (Na-lignin). Sodium lignate larut dalam air sehingga serat-serat yang diikat oleh lignin dapat terpisah antara satu dengan yang lain. (Martone,2009)



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi

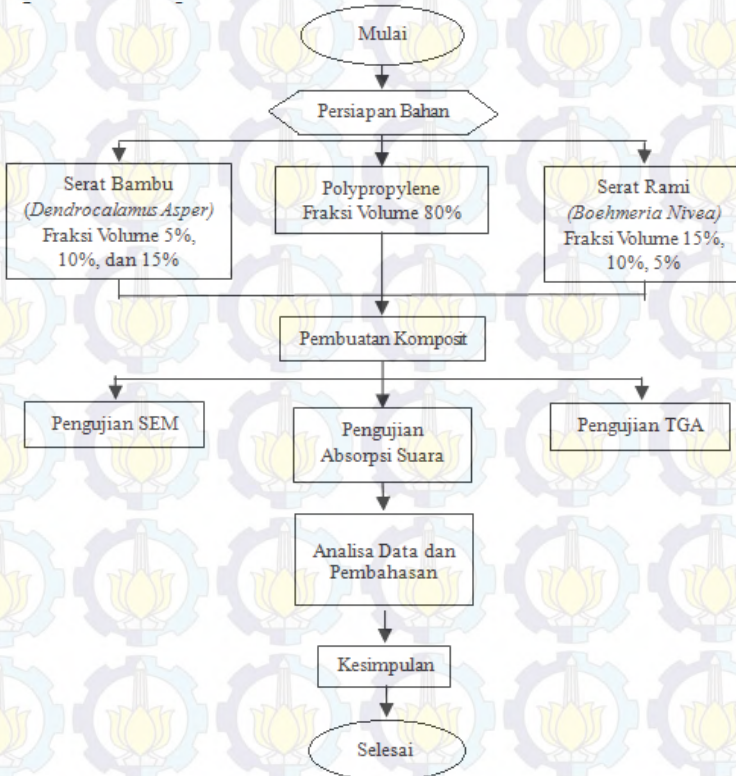
(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini menggunakan alur penelitian yang digambarkan seperti Gambar 3.1 di bawah:



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian



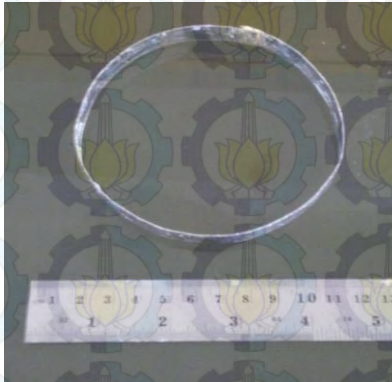
3.2 Peralatan dan Bahan

3.2.1 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Cetakan Spesimen

Cetakan spesimen digunakan untuk mencetak spesimen komposit yang akan dibentuk. Cetakan ini dilapisi aluminium foil pada dinding dan dasarnya nya untuk mencegah spesimen keluar melalui lubang-lubang di bagian bawah dinding cetakan.



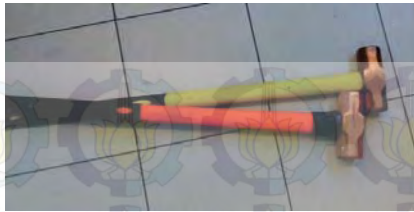
Gambar 3.2 Cetakan spesimen uji absorpsi suara

2. Timbangan digital

Timbangan digital berfungsi untuk menimbang serat dan serbuk polypropylene yang akan digunakan

3. Palu

Palu digunakan untuk memukul serat bambu agar serat bambu dapat terpisah satu sama lain



Gambar 3.3 Palu

4. Nampan oven

Nampan oven digunakan untuk menaruh cetakan saat diletakkan di dalam oven



Gambar 3.4 Nampan oven

5. Penggaris

Penggaris digunakan untuk mengukur panjang serat, dan dimensi spesimen



Gambar 3.5 Penggaris

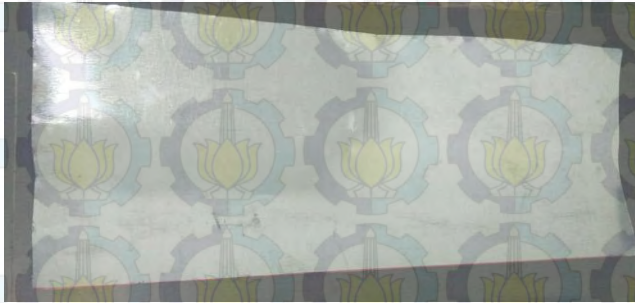
6. Gunting seng

Gunting digunakan untuk memotong serat bambu dan serat rami



7. Seng lembaran

Seng lembaran dipotong-potong dan digunakan sebagai bahan dasar cetakan.



Gambar 3.6 Seng lembaran

8. Oven

Oven yang digunakan milik laboratorium Material Inovatif di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS



Gambar 3.7 Oven

9. Mesin Uji SEM

Mesin Uji SEM yang digunakan milik laboratorium Karakterisasi Material di Jurusan Teknik Material dan



Metalurgi FTI-ITS

10. Mesin Uji Absorpsi Suara

Mesin Uji Absorpsi Suara milik laboratorium Akustik Material di Jurusan Teknik Fisika FTI-ITS

11. Mesin uji TGA

Mesin Uji TGA milik laboratorium laboratorium Karakterisasi Material di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam percobaan ini adalah:

1. Serat Bambu Betung



Gambar 3.8 Serat Bambu Betung

2. Serat Rami



Gambar 3.9 Serat Rami



3. Polypropylene Serbuk



Gambar 3.10 Polypropylene serbuk

4. Air



Gambar 3.11 Air

5. Sodium Hidroksida/NaOH



Gambar 3.12 NaOH



3.3 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini ialah perbedaan komposisi serat dan matrix pada spesimen komposit:

- A. Serat bambu 5%, serat rami 15%, polypropylene 80%
- B. Serat bambu 10%, serat rami 10%, polypropylene 80%
- C. Serat bambu 15%, serat rami 5%, polypropylene 80%

3.4 Rancangan Penelitian

Untuk pelaksanaan percobaan, dibawah ini adalah rancangan penelitian yang dilakukan:

Tabel 3.1 Rancangan Penelitian

No	Komposisi			Pengujian		
	Bambu	Rami	PP	SEM	TGA	Uji Absorpsi Suara
1	5%	15%	80%	√	√	√
2	10%	5%	80%	√	√	√
3	15%	5%	80%	√	√	√

3.5 Metode Penelitian

3.5.1 Persiapan Bahan

Untuk dapat melaksanakan pengujian, terlebih dahulu dilakukan persiapan bahan. Persiapan bahan ini penting untuk dilakukan, karena dapat mempengaruhi hasil pengujian dan dapat mempengaruhi hasil dari analisa dan pembahasan yang kita lakukan.



3.5.1.1 Pengolahan Serat Bambu

1. Bambu dipotong sepanjang 30 cm dengan gergaji.
2. Setelah dipotong, bambu dipukul-pukul hingga hancur dan serat terpisah dengan ligninnya secara makro satu sama lain.
3. Serat bambu yang telah dipukul-pukul direndam dengan larutan NaOH 1M selama 12 jam untuk mengurangi kandungan ligninnya, sehingga serat dapat dengan mudah dipisahkan satu dengan yang lain.
4. Serat dicuci bersih dengan air, lalu dikeringkan.
5. Setelah itu serat diambil dengan mencabutnya satu persatu
6. Serat dipotong-potong sepanjang 10 mm
7. Serat ditimbang sesuai perhitungan

3.5.1.2 Pengolahan Serat Rami

1. Serat rami direndam di dalam larutan NaOH 1M selama 12 jam untuk menghilangkan lignin sehingga antar serat mudah terpisah satu dengan yang lain.
2. Setelah itu serat dicuci bersih dengan air, lalu dikeringkan.
3. Serat rami yang sudah kering disisir dan dipotong-potong sepanjang 10 mm
4. Serat ditimbang sesuai perhitungan

3.5.1.3 Pengolahan Matriks Polypropylene Serbuk

1. Polypropylene dalam bentuk butiran dimasukkan dalam suatu wadah, lalu ditimbang sesuai perhitungan



3.5.1.4 Pembuatan Cetakan

1. Untuk cetakan spesimen uji absorpsi suara terbuat dari bahan seng dengan diameter 10 cm dan tinggi 1 cm

3.5.1.5 Pembuatan Komposit

1. Pembuatan spesimen dilakukan dengan mencampurkan serat bambu, serat rami dan polypropylene menurut variasi komposisi kedalam cetakan menggunakan metode *hand lay up*.
2. Oven dipanaskan hingga mencapai temperatur 180°C
3. Cetakan dimasukkan kedalam oven dan didiamkan selama ± 15 menit.
4. Cetakan dikeluarkan dari oven dan dibiarkan pada temperatur ruang

3.5.1.6 Pembongkaran Spesimen

1. Setelah spesimen mengering dan mengeras, cetakan diambil dan dibongkar
2. Spesimen dilepaskan dari aluminium foil yang menempel disekitarnya

3.5.2 Proses Pengujian

Setelah spesimen komposit selesai dibuat, maka dilakukan beberapa pengujian yang terdiri dari:

3.5.2.1 Pengujian Koefisien Penyerapan Suara

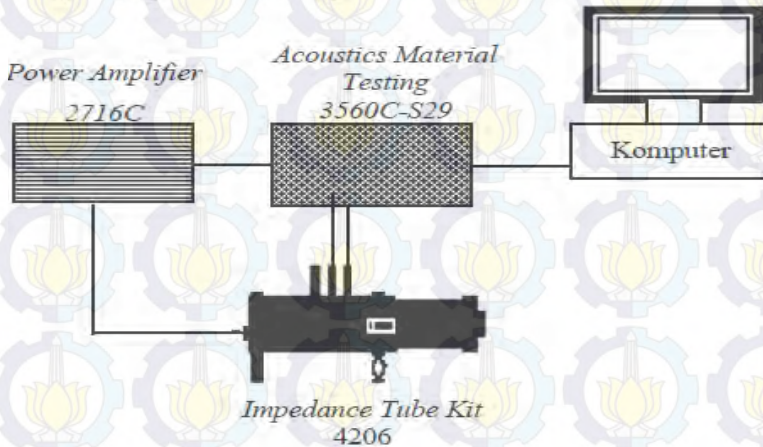
Peralatan yang digunakan untuk mengukur koefisien serap bahan adalah tabung impendansi dengan standarisasi menurut ASTM E1050. Pengujian dilakukan di Laboratorium Akustik Material, Jurusan Teknik Fisika Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh



Nopember Surabaya. Dimensi spesimennya berbentuk tabung dengan diameter 100mm dan tinggi 10mm. Berikut ini rangkaian alat tabung impendansi untuk mengukur uji penyerapan suara:



Gambar 3.13 Dimensi spesimen uji absorpsi suara



Gambar 3.14 Rangkaian alat uji absorpsi suara

Rangkaian alat terdiri dari:

1. *Acoustic material testing 3560C-S29*: Untuk menganalisa sinyal yang diterima mikrofon
2. *Power Amplifier 2716C*: Untuk menguatkan gelombang bunyi
3. *Impedance Tube kit 4206*: Sebagai tempat pengukuran koefisien serapan sampel.

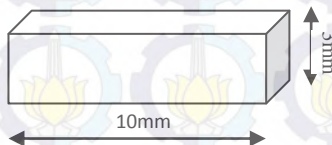


4. *Komputer* : Untuk mengolah dan menampilkan data pengujian .

Pengujian Absorpsi adalah pengujian yang bertujuan untuk mengetahui kemampuan suatu material untuk menyerap suara. Kualitas dari bahan peredam suara ditunjukkan dengan harga α (koefisien penyerapan bahan terhadap bunyi), semakin besar α maka semakin baik digunakan sebagai peredam suara. Nilai α berkisar dari 0 sampai 1. Jika α bernilai 0, artinya tidak ada bunyi yang diserap (dipantulkan seluruhnya) sedangkan jika α bernilai 1, artinya 100% bunyi yang datang diserap oleh bahan. Besarnya energi suara yang dipantulkan, diserap, atau diteruskan bergantung pada jenis dan sifat dari bahan atau material tersebut. Prinsip pengujian adalah spesimen yang berbentuk lingkaran dimasukkan ke dalam bagian kepala tabung impedansi kemudian diatur frekuensi suara pada amplifier dengan frekuensi 125 – 5000 Hz, maka speaker akan memberikan suara ke dalam tabung impedansi dan sound level meter

3.5.2.2 Pengujian Scanning Electron Microscope (SEM)

Pengujian SEM memiliki tujuan untuk mengetahui morfologi (struktur permukaan), ukuran partikel dan pori, serta bentuk partikel suatu material. Pengujian ini didasarkan pada standard ASTM E2809. Spesimen uji berbentuk balok kecil berukuran 10x10x3mm.



Gambar 3.15 Dimensi spesimen uji absorpsi suara



Pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*) menggunakan mesin SEM menggunakan hamburan elektron yang ditangkap oleh detektor sehingga dapat membentuk suatu gambar yang nampak seperti 3 dimensi. Pengujian dilakukan di Laboratorium Karakteristik Material Jurusan Teknik Material dan Metalurgi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Adapun cara kerja dari SEM adalah *electron gun* memproduksi *electron beam*, anoda menangkap *electron beam* untuk kemudian diarahkan ke sampel kemudian serangkaian lensa magnetik memfokuskan beam ini dan menembakkan ke sampel, *scanner* membaca struktur permukaan sampel selanjutnya menangkap sinyal dari *secondary* dan *back scattered electron* untuk dikirim ke sistem kontrol sehingga dapat dilihat gambarnya pada monitor dan dapat dicetak bila diperlukan.

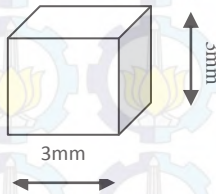


Gambar 3.16 Alat uji SEM



3.5.2.3 Pengujian Thermogravimetric Analysis (TGA)

Pengujian TGA bertujuan untuk menganalisa perubahan secara fisik dan kimia pada material dengan cara memaksa terjadinya reaksi dengan penggunaan panas. Spesimen uji berbentuk kubus dengan dimensi 3x3x3mm, akan dipanaskan secara bertahap dan diukur seberapa banyak perubahan massanya seiring dengan pertambahan temperature.



Gambar 3.17 Dimensi spesimen uji TGA

Pengujian dilakukan di Laboratorium Karakteristik Material Jurusan Teknik Material dan Metalurgi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Pengujian TGA ini dilakukan berdasarkan standard ASTM E1131.



Gambar 3.18 Alat uji TGA



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Komposit Polypropylene Berpenguat Serat

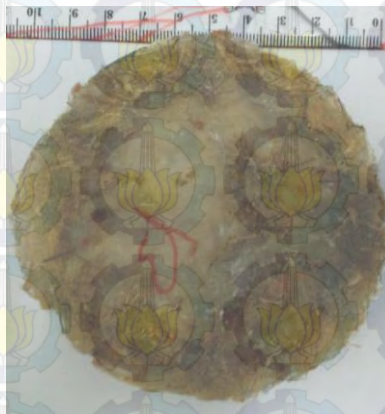
Material yang digunakan dalam penelitian ini merupakan komposit berbahan dasar polypropylene komersial yang di produksi oleh PT Polypropindo, serat bambu didapatkan dari bambu jenis Betung yang didapatkan dari jalan Bungurasih Surabaya, sedangkan serat rami didapatkan dari daerah Pujon, Jawa Timur. Metode pembuatan dari komposit bermatriks polypropylene berpenguat serat bambu dan serat rami (B/R-PP) ini dibuat dengan cara serat bambu dan serat rami beserta bijih polypropylene disusun merata di dalam cetakan dengan metode *hand lay up*. Cetakan dibuat dari lembaran seng yang dipotong dan dibentuk sesuai dengan dimensi yang diinginkan yaitu diameter 100mm dan tinggi 10mm. Cetakan dibungkus dengan alumunium foil supaya polypropylene cair tidak keluar melalui sela-sela bagian bawah cetakan. Serat yang digunakan adalah serat bambu betung dan serat rami yang dipotong-potong sepanjang 10mm. Variasi bahan yang digunakan adalah variasi fraksi volume dengan perbandingan matriks dengan serat sebesar 8:2 untuk semua spesimen. Untuk serat menggunakan variasi 5% serat bambu dan 15% serat rami (5%B/15%R-80%PP), 10% serat bambu dan 10% serat rami (10%B/10%R-80%PP), 15% serat bambu dan 5% serat rami (15%B/5%R-80%PP). Bahan yang telah disusun di dalam cetakan kemudian dipanaskan dengan menggunakan oven selama 15 menit dengan temperatur $\pm 190^{\circ}\text{C}$. Setelah 15 menit cetakan dikeluarkan dari oven lalu ditekan dengan menggunakan plat baja sehingga spesimen menjadi padat, lalu ditunggu hingga dingin. Spesimen yang sudah dingin



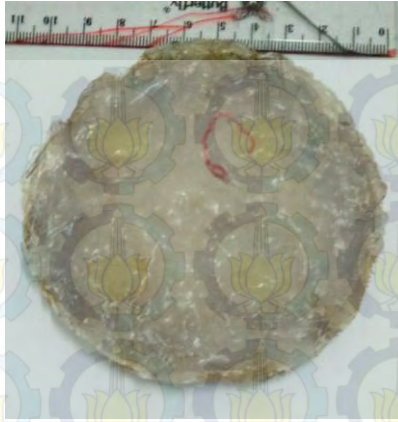
dilepaskan dari cetakan dan aluminium foil, dan akan tampak seperti pada gambar 4.1 hingga gambar 4.3:



Gambar 4.1 Spesimen uji absorpsi suara (5% B/15% R-80% PP)

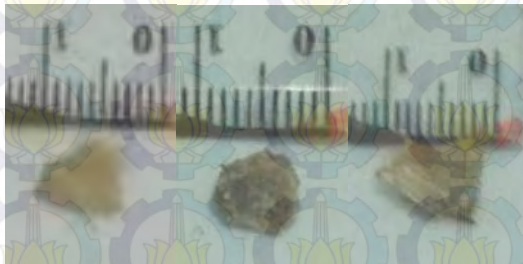


Gambar 4.2 Spesimen uji absorpsi suara (10% B/10% R-80% PP)



Gambar 4.3 Spesimen uji absorpsi suara (15% B/5% R-80% PP)

Untuk spesimen uji Scanning Electron Microscope (SEM), menggunakan spesimen absorpsi suara yang telah diuji absorpsi suara. Spesimen digunting menggunakan gunting seng sesuai dengan dimensi spesimen SEM yaitu 10 mm x 10 mm x 3 mm. Spesimen SEM akan tampak seperti gambar 4.4 dibawah ini:



Gambar 4.4 Spesimen uji SEM untuk komposit (5% B/15% R-80% PP) (kiri), komposit (10% B/10% R-80% PP) (tengah), komposit (15% B/5% R-80% PP) (kanan)

Untuk spesimen uji thermogravimetric analysis (TGA) sama seperti pada pembuatan spesimen SEM, yaitu menggunakan



spesimen absorpsi suara yang telah diuji absorpsi dan digunting beberapa bagian kecil. Namun untuk pengujian TGA ukuran spesimen lebih kecil dibandingkan spesimen uji SEM, yaitu memiliki dimensi 3mm x 3mm x 3mm. Berikut tampak spesimen TGA:



Gambar 4.5 Spesimen uji TGA untuk komposit komposit (5%B/15%R-80%PP) (kiri), komposit (10%B/10%R-80%PP) (tengah), komposit (15%B/5%R-80%PP) (kanan)

4.2 Koefisien Absorpsi Suara (B/R-PP)

Pengujian Absorpsi merupakan pengujian yang bertujuan untuk mengetahui kemampuan suatu material untuk menyerap suara. Kualitas dari bahan peredam suara ditunjukkan dengan nilai α (koefisien penyerapan material terhadap bunyi), semakin besar nilai α maka semakin baik digunakan sebagai peredam suara. Nilai α berkisar dari 0 sampai 1. Jika α bernilai 0, artinya tidak ada bunyi yang diserap (dipantulkan seluruhnya) sedangkan jika α bernilai 1, artinya 100% bunyi yang datang diserap oleh bahan. Besarnya energi suara yang dipantulkan, diserap, atau diteruskan bergantung pada jenis dan sifat dari bahan atau material tersebut. Prinsip pengujian adalah spesimen yang berbentuk lingkaran dimasukkan ke dalam bagian kepala tabung impedansi kemudian diatur frekuensi suara pada amplifier dengan



frekuensi 125 – 5000 Hz, maka speaker akan memberikan suara ke dalam tabung impedansi dan sound level meter. Berdasarkan ISO 11654, sebuah material dikatakan berfungsi sebagai penyerap suara yang baik adalah saat memiliki nilai α lebih dari 0,15.

Pengujian koefisien absorpsi dilakukan di Laboratorium Akustik di Jurusan Teknik Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Metodenya sesuai standar ASTM E1050 mengenai pengujian material akustik. Perangkat yang digunakan pada eksperimen ini meliputi : dua mikrofon, amplifier, tabung impedansi B&K 4206, *pulse multi analyzer*, dan laptop. Cara kerjanya, spesimen dipasang didalam tabung impedansi dengan posisi melintang. Apabila dimensi spesimen terlalu besar, maka harus difinishing dahulu untuk mengecilkan ukurannya. Finishing dapat menggunakan gerinda atau ampelas, tergantung dari material spesimen uji. Apabila dimensi spesimen terlalu kecil, maka spesimen dapat ditahan agar tidak bergerak dengan menggunakan plastisin yang direkatkan di sekeliling permukaan spesimen yang bersentuhan dengan mulut tabung impedansi. Proses pengujian dimulai dengan menambakkan gelombang suara yang dikeluarkan dari speaker dengan gelombang yang paling rendah terlebih dahulu sampai gelombang yang paling tinggi secara bertahap. Penguatan gelombang dapat dilakukan dengan cara merubahnya melalui amplifier. Gelombang awal yang datang dari speaker ditangkap oleh mikrofon dan gelombang akan terus berjalan ke arah spesimen. Lalu ketika gelombang mencapai spesimen, maka gelombang akan diserap oleh permukaan spesimen komposit. Gelombang akan diserap sebagian dan sebagian sisanya dipantulkan kembali, dan akan ditangkap oleh mikrofon yang kedua. Hasil dari gelombang suara yang datang dan gelombang suara yang tertangkap kemudian dicatat dan dianalisis untuk mendapatkan fungsi respon frekuensi.



Laporan Tugas Akhir Jurusan Teknik Material dan Metalurgi

Perhitungan nilai koefisien penyerapan suara digunakan perangkat lunak (*software*) Pulse v.6. Data yang diperoleh kemudian disajikan dalam bentuk grafik menggunakan *software* matlab. Dengan grafik ini, kemudian perilaku penyerapan suara pada komposit polypropylene dengan serat bambu dan serat rami dianalisis dan kemudian dilakukan interpretasi.

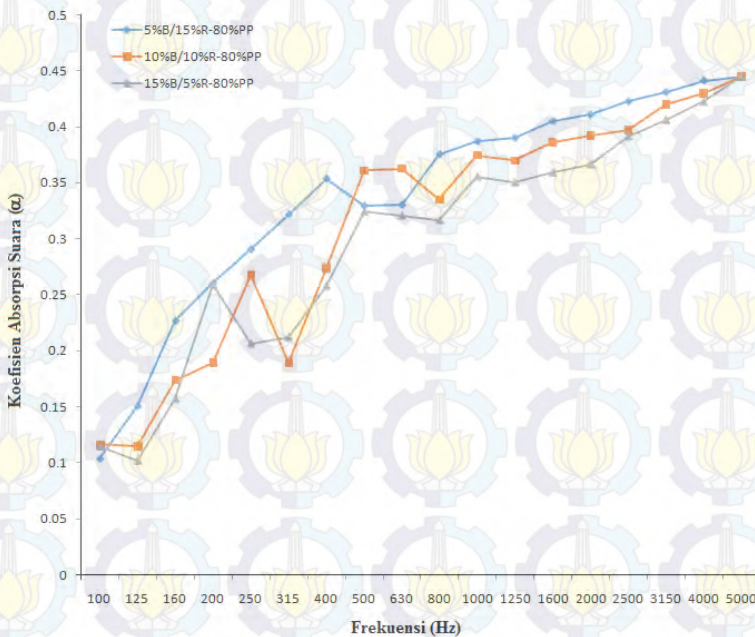
Berikut hasil pengujian koefisien absorpsi suara dari material komposit polypropylene dengan serat bambu dan serat rami:

Tabel 4.1 Hasil pengujian koefisien absorpsi suara material komposit

Frekuensi (Hz)	(5%B/15%R -80%PP)	(10%B/10%R -80%PP)	(15%B/5%R -80%PP)
100	0.103683	0.116097	0.11475
123	0.150498	0.11444	0.101754
160	0.226526	0.173532	0.157199
200	0.260281	0.188885	0.258963
250	0.290512	0.267694	0.206528
315	0.32148	0.18929	0.212429
400	0.353482	0.273592	0.257948
500	0.329166	0.396718	0.32392
630	0.330031	0.362329	0.320613
800	0.375305	0.334632	0.316543
1000	0.386512	0.37434	0.355462
1250	0.389812	0.36945	0.350245
1600	0.404687	0.38582	0.359177
2000	0.410424	0.391786	0.366248
2500	0.422156	0.396368	0.391189
3150	0.430513	0.419537	0.40585
5000	0.444444	0.444444	0.444444



Hasil pengujian menunjukkan bahwa perbedaan komposisi serat mempengaruhi koefisien absorpsi suara pada komposit. Melalui tabel 4.1 diatas dapat dilihat bahwa komposit 5%B/15%R-80%PP memiliki nilai koefisien absorpsi suara yang relatif lebih tinggi di sebagian besar frekuensi dibandingkan spesimen yang lain, untuk komposit 10%B/10%R-80%PP nilai koefisien absorpsi suaranya sebagian besar berada dibawah komposit 5%B/15%R-80%PP namun memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan nilai koefisien absorpsi komposit 15%B/5%R-80%PP. Untuk komposit 15%B/5%R-80%PP memiliki nilai koefisien absorpsi yang relatif lebih rendah dibandingkan spesimen lainnya. Grafik perbandingan hasil koefisien absorpsi suara dapat dilihat pada gambar 4.6 dibawah:



Gambar 4.6 Grafik perbandingan hasil pengujian absorpsi



Dari perbandingan nilai koefisien absorpsi diatas, dapat disimpulkan bahwa komposit yang mengandung 15% serat rami lebih memiliki nilai absorpsi lebih tinggi dibandingkan yang mengandung 15% serat bambu. Persebaran serat yang acak di dalam matriks menyebabkan komposit menjadi tidak homogen. Berdasarkan hasil dari penelitian sebelumnya (Farid dan Aldi, 2015), menyatakan bahwa koefisien absorpsi suara semakin meningkat dengan peningkatan persebaran serat di dalam matrix. Serat rami memiliki diameter yang jauh lebih kecil dibandingkan serat bambu, sehingga dengan fraksi volume yang sama, maka serat rami akan lebih dapat menyebar di antara matriks dibandingkan serat bambu, sehingga matriks akan lebih tidak homogen ketika diisi oleh serat rami dan koefisien absorpsi suaranya akan lebih besar pula jika dibandingkan dengan serat bambu. Hal ini didukung juga oleh penelitian (Jayaraman, 2005) yang menyatakan bahwa material absorptive merupakan material yang berpori atau mengandung banyak celah.

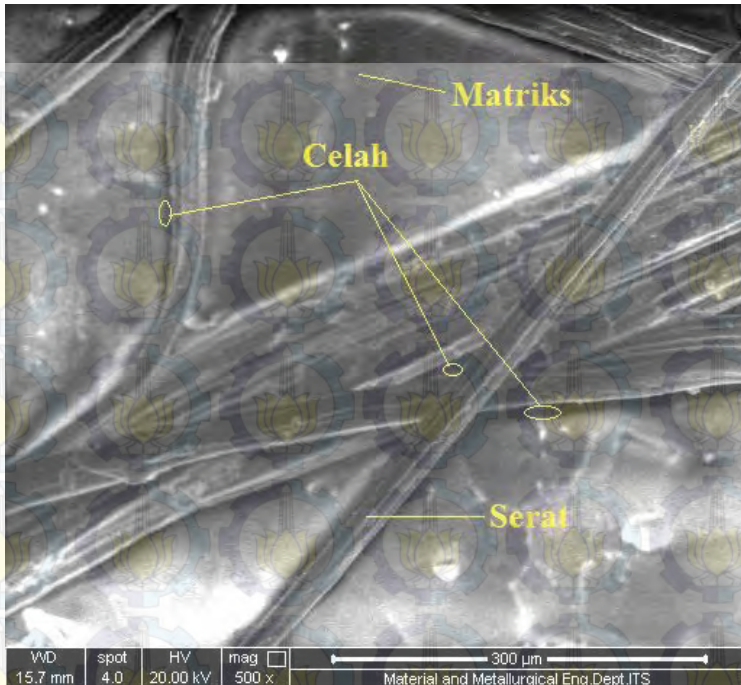
Jika dilihat berdasarkan kelas material absorpsi menurut ISO 11654, ketiga material komposit B/R-PP ini termasuk material absorpsi kelas D.

4.3 Morfologi Serat

Pengujian *Scanning Electron Microscope* akan memperlihatkan morfologi dari komposit B/R-PP dengan berbagai variasi komposisi serat ditunjukkan dengan foto material tersebut dengan perbesaran berukuran micron atau bahkan nano.

Proses pengambilan gambar morfologi komposit B/R-PP ini dilakukan di laboratorium karakterisasi Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS. Pada pengujian SEM ini spesimen komposit B/R-PP dibuat berdasarkan ASTM E2809 yaitu memiliki dimensi 10 mm x 10 mm x 3 mm lalu dilapisi dengan coating AuPd. Setelah itu spesimen di masukkan ke dalam alat uji SEM dan diambil gambar.

Untuk hasil pengujian SEM dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



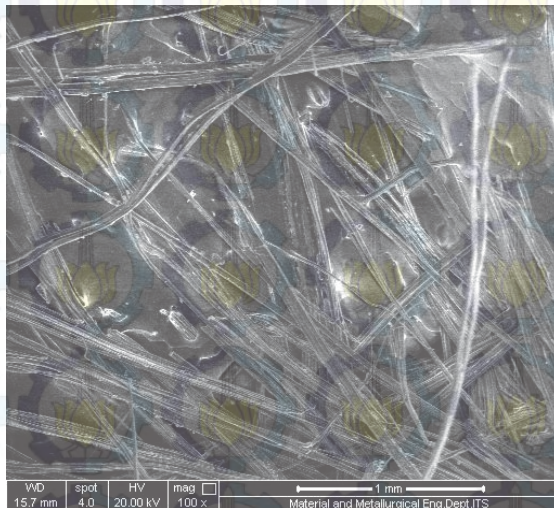
Gambar 4.7 Hasil pengujian SEM komposit 15%B/5%R-80%PP perbesaran 500x

Gambar 4.7 diatas merupakan gambar hasil pengujian SEM untuk komposit 15%B/5%R-80%PP pada perbesaran 500x dengan skala 300 micron. Pada gambar tersebut dapat dilihat matriks dan serat tidak berikatan secara kimia, hanya saling mengisi satu sama lain. Diantara perbatasan antara matriks dan serat, terdapat garis-garis berwarna hitam yang menunjukkan celah/pori. Berdasarkan penelitian (Jayaraman, 2005), absorpsi suara dihasilkan dari penghamburan energi akustik menjadi panas. Mekanisme penghamburan suara adalah ketika suara memasuki material berpori, molekul udara berosilasi diantara pori-pori tersebut. Osilasi menyebabkan gesekan sehingga timbul

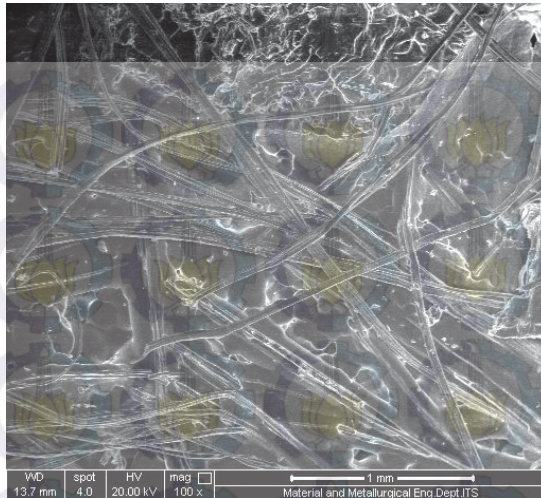


panas sehingga energi suara berubah menjadi energi panas. Selain itu osilasi ini juga menyebabkan berubahnya arah dari gelombang suara tersebut, dan menghamburkannya ke segala arah sehingga gelombang suara kehilangan momentum untuk memantul ke arah datang. Sehingga dapat disimpulkan pori pada suatu material berperan besar dalam absorpsi suara material tersebut.

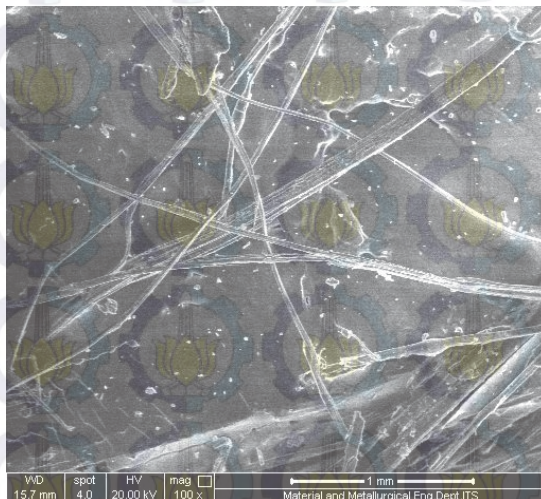
Pada komposit B/R-PP ini, pori berada pada sepanjang perbatasan antara serat dan matriks, sehingga dapat disimpulkan semakin banyak serat, maka semakin banyak pula pori pada sepanjang perbatasan antara serat dan matriks. Pada gambar 4.8 hingga gambar 4.10 digunakan perbesaran 100x agar dapat dilihat dengan jelas perbedaan jumlah serat dan jumlah pori pada komposit B/R-PP.



Gambar 4.8 Hasil pengujian SEM komposit 5% B/15% R-80% PP perbesaran 100x



Gambar 4.9 Hasil pengujian SEM komposit 10%B/10%R-80%PP
perbesaran 100x



Gambar 4.10 Hasil pengujian SEM komposit 15%B/5%R-80%PP
perbesaran 100x



Dari ketiga gambar hasil SEM diatas, dapat dilihat bahwa serat-serat dan matriks komposit 5%B/15%R-80%PP berselang-seling saling mengisi. Terlihat serat tersebar memenuhi matriks sehingga terbentuk banyak sekali celah diantara serat dan matriks.

Untuk hasil SEM dari material komposit 10%B/10%R-80%PP, terlihat bahwa jarak antar serat lebih berjauhan dibandingkan spesimen komposit 5%B/15%R-80%PP, jumlah serat juga terlihat lebih sedikit, sehingga lebih sedikit pula celah antara serat dengan matriks. Hal ini yang menyebabkan nilai koefisien absorpsi dari material komposit 10%B/10%R-80%PP berada dibawah nilai koefisien absorpsi komposit 5%B/15%R-80%PP.

Untuk hasil SEM dari material komposit 15%B/5%R-80%PP, jarak antar serat terlihat berjauhan, dan matriks polypropylene terlihat rapat dan solid. Sehingga jumlah celah semakin sedikit dan kekuatan absorpsi suara semakin berkurang. Hal ini diperkuat dengan hasil koefisien absorpsi suara (α) material 15%B/5%R-80%PP yang menunjukkan nilai α paling kecil dibanding kedua spesimen lainnya.

Dari pembahasan diatas, dapat disimpulkan bahwa spesimen komposit 5%B/15%R-80%PP memiliki nilai koefisien serap suara yang lebih bagus dibandingkan spesimen komposit 15%B/5%R-80%PP dikarenakan jumlah pori pada spesimen komposit 5%B/15%R-80%PP jauh lebih banyak dibandingkan spesimen komposit 15%B/5%R-80%PP. Sedikitnya pori pada spesimen 15%B/5%R-80%PP menyebabkan gelombang suara memantul tanpa adanya hambatan atau hamburan, sehingga suara yang diserap cenderung lebih sedikit dibandingkan komposit dengan pori yang lebih banyak.

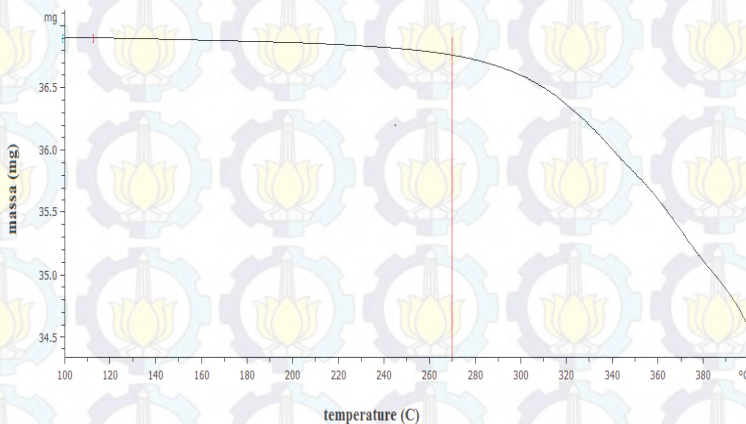


4.4 Hasil Pengujian Thermogravimetric Analysis

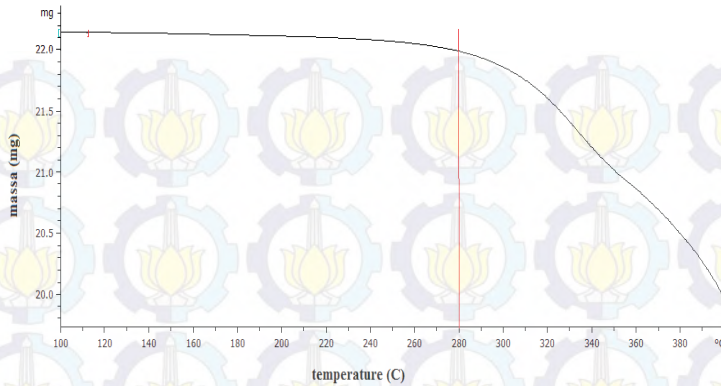
Pengujian TGA bertujuan untuk menganalisa perubahan secara fisik dan kimia pada material dengan cara memaksa terjadinya reaksi dengan penggunaan panas. Pengujian dilakukan di Laboratorium Karakteristik Material Jurusan Teknik Material dan Metalurgi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Pengujian TGA ini dilakukan berdasarkan standard ASTM E1131.

Penyusutan masa pada polymer, terjadi oleh karena lepasnya atom-atom hidrogen dari ikatan hidrocarbon polymer. Terlepasnya atom hidrogen ini disebabkan dari energi input yang berasal dari panas. Terlepasnya hidrogen dari ikatan hidrocarbon akan semakin meningkat dengan kenaikan temperatur sehingga massa polymer semakin lama akan semakin berkurang (Beyler, C.L, 2002)

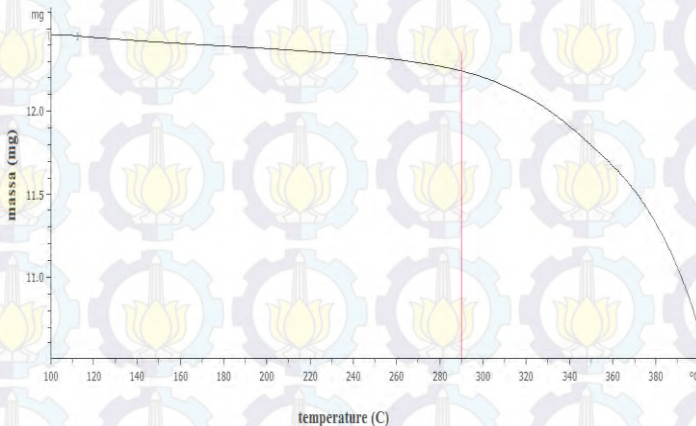
Hasil dari uji thermogravimetric analysis menunjukkan seperti gambar grafik dibawah ini:



Gambar 4.11 Grafik penurunan massa spesimen 5% B/15% R-80% PP



Gambar 4.12 Grafik penurunan massa spesimen 10%B/10%R-80%PP



Gambar 4.13 Grafik penurunan massa spesimen 15%B/5%R-80%PP

Melalui gambar 4.11 diatas, dapat dilihat penyusutan massa secara drastis untuk spesimen komposit 5%B/15%R-80%PP dimulai pada temperatur 265°C. Sedangkan penyusutan massa untuk spesimen 10%B/10%R-80%PP terjadi secara drastis



mulai pada temperatur 280°C. Untuk spesimen 15%B/5%R-80%PP terjadi penyusutan mass secara drastis mulai pada temperatur 285°C. Perbedaan komposisi serat memberikan perbedaan ketahanan komposit terhadap temperatur. Komposit dengan 15% serat rami memiliki ketahanan temperatur yang lebih kecil dibandingkan dengan komposit dengan 15% serat bambu.

Dengan mengetahui penyusutan massa terhadap temperatur, dapat diketahui performa material komposit B/R-PP ini. Material absorpsi ini dapat bertahan hingga temperatur dibawah 265°C, sehingga kita dapat mengetahui material komposit B/R-PP bekerja dengan sangat baik apabila diaplikasikan pada temperatur dibawah 265°C.



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan :

1. Nilai koefisien absorpsi suara (α) berada pada nilai paling tinggi berada pada spesimen 5%B/15%R-80%PP, dan nilai α paling rendah terdapat pada spesimen 15%B/5%R-80%PP. Nilai α dari ketiga komposit pada frekuensi 250-4000 Hz lebih besar dari 0,15 sehingga telah memenuhi standar ISO 11654, dan termasuk material absorpsi kelas D. Ketiga spesimen memperlihatkan pola yang sama yaitu nilai α yang semakin tinggi pada frekuensi yang semakin tinggi.
2. Menurut hasil pengamatan dengan Scanning Elecron Microscope, spesimen 5%B/15%R-80%PP memiliki struktur dengan pori yang paling banyak dibandingkan dua spesimen lainnya yang menjelaskan penyebab nilai α terbesar terdapat pada spesimen ini.
3. Menurut uji Thermogravimetric Analysis, material R/B-PP memiliki ketahanan terhadap temperatur maksimal 265°C sebelum mulai mengalami degradasi massa secara drastis.



5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya :

1. Untuk penelitian selanjutnya disarankan melakukan pengujian mekanik supaya dapat mengetahui kekuatan forming untuk pengaplikasian material absorpsi.

DAFTAR PUSTAKA

Ackerman E., Lynda B. M. Ellis, Lawrence E. Williams, 1988.

Ilmu Biofisika (terjemahan; Redjani, Abdulbasir,
Surabaya: Airlangga University.

ASTM-E1050-98. *Standard test method for impedance and absorbtion of acoustical material using a tube, two microphones, and digital frequency analysis system.*
ASTM Subcommittee E33.01

ASTM E1131 - 03 *Standard Test Method for Compositional Analysis by Thermogravimetry.* (USA: ASTM International)

ASTM E2908 *Standard Guide for Using Scanning Electron Microscopy,* Annual book of ASTM Standards, Vol.08.01, American Society for Testing and Materials (ASTM), Philadelphia, USA.

Berglund B, Lindvall T. 1995.*Community noise.* Center for Sensory Research, Stockholm University and Karolinska Institute: World Health Organization.

Benkreira H, Khan A. 2011. *Sustainable Acoustic and Thermal Insulation Materials from Elastomeric Waste Residues.*
Chem Eng Sci:4157-71.

Beyler, C.L. and Hirschler, M.M. 2002. *Thermal Decomposition of Polymers*.

Billmeyer, Fred W. 1970. *Textbook of Polymer Science, Second Edition*. New York: Rensselaer Polytechnic Institute

Bruehl & Kjaer.1986.Noise *Control Principles and Practices 2nd Edition*. Denmark: Naerum Offset.

Chung, Deborah D.L. 2010. *Composite Materials : Science and Applications 2nd Edition*. London: Springer-Verlag London Limited.

Doelle, L. L. 1972. *Akustik Lingkungan*. Jakarta: Erlangga.

Eriningsih, Rifaida. 2009. *Arena Tekstil Volume 24*. Bandung: Balai Besar Tekstil

Ermann, Michael. 2015. *Architectural Acoustic Illustrated*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Giancoli D.C.. 1998. *Fisika*, Penerjemah Yuhilsa Hanum, Jakarta : Penerbit Erlangga.

Gibson, R. F. 1994. *Principles of Composite Material*. New York: McGraw-Hill Inc

Garcia-Valles. Avila G. 2008. *Acoustic Barriers Obtained from Industrial Wastes*. Ch

emosphere.

Harris, Bryan. 1999. *Engineering Composite Materials*. London: The Institute of Materials.

- Jayaraman, Kannan. (2005). *Acoustical Absorptive Properties of Nonwovens*. Thesis Faculty of North Carolina State University. USA
- Kaw, Autar K. 1997. *Mechanic of Composite Materials*. New York: CRC Press.
- Liese, Walter. 2015. *Bamboo – The Plant and its Uses*. Switzerland: Springer International Publishing
- Mallick, P.K. 2007. *Fiber Reinforced Polymer: Materials, Manufacturing, and Design*. Boca Raton: Taylor & Francis Group, LLC.
- Martone, Pt; Estevez, Jm; Lu, F; Ruel, K; Denny, Mw; Somerville, C; Ralph, J (2009). *Discovery of Lignin in Seaweed Reveals Convergent Evolution of Cell-Wall Architecture*.
- M. David Egan.1972. *Concept in Architectural Acoustic*. New York : Mc Graw-Hill Book Company.
- M .Farid, H. Ardhyanta, V. M. Pratiwi, S. P Wulandari, (2015). *Correlation between Frequency and Sound Absorption Coefficient of Polymer Reinforced Natural Fibre*. Advanced Materials Research, Vol.1112, pp. 329-332.
- M. Farid, T. Heriyanto, (2013). *Correlation of Normal Incidence Sound Absorption Coefficient (NAC) and Random Incidence Sound Absorption Coefficient (RAC) of*

- Polyester/Ramie Fibre Composite Materials*, Advanced Materials Research, Vol. 789, pp. 269-273.
- Nurisyantoro, A dan Farid, M. 2015. *Pengaruh Komposisi Serat Bambu Betung dan Ampas Tebu Terhadap Morfologi Komposit Bermatriks Gypsum sebagai Aplikasi Sound Absorption Material*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS Surabaya.
- Passchier-Vermeer W, Passchier WF. 2000. *Noise Exposure and Public Health*, Environ Health Perspect: 108(Suppl,1):123.
- Proctor B and Yale B, 1980. *New Fibres and their Composites*. London: Phil Trans Roy Soc Lond.
- Repository.usu.ac.id,2008, diakses pada tanggal 22 September 2014
- Resnick R., dan Halliday D., 1992. *Fisika*, Penterjemah Pantur Silaban dan Erwin Sucipto, Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Schwartz, M.M. 1984. *Composite Materials Handbook*. New York: McGraw-Hill Inc.
- Setiabudi, Agus. 2011. *Karakterisasi Material*. FMIPA, Universitas Pendidikan Indonesia. Bandung
- Sutrisno, 1988. *Gelombang Dan Optik*, Seri Fisika Dasar Jilid 2, Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Sjöström, E. (1993). *Wood Chemistry: Fundamentals and Applications*. Academic Press

Timothy Hirabayashi, David J. McCaa. 1999 , *Automotive Noise And Vibration Control Treatments, Sound and Vibration*. SAE International

Wladyka-przybylak, Maria. 2010. *Natural Fiber Reinforced Polymer Composites*. Poland: Institute of Natural Fibres and Medicinal Plants Poznań

Wulandari, Asri. 2015. <http://www.unpad.ac.id/profil/asri-peni-wulandari-phd-teliti-manfaat-tanaman-rami-untuk-tekstil-dan-biobriket/>

BIODATA PENULIS



Hizkia Eben Haezer Adi Pujo Anggoro adalah nama penulis Laporan Tugas Akhir ini. Penulis lahir dari orang tua Karlina Widiingsih dan Yohanes Willy Elyanto sebagai anak pertama dari dua bersaudara. Penulis dilahirkan di RSB. St. Melania di Jalan Tambaksari nomor 7 Surabaya, Jawa Timur pada tanggal 3 Januari 1995. Penulis menempuh pendidikan dimulai dari SDN Ketabang V 575 Surabaya (lulus tahun 2006), melanjutkan ke SMP Negeri 1 Surabaya (lulus tahun 2009) dan SMA Negeri 2 Surabaya (lulus tahun 2011) dan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya Jurusan Teknik Material dan Metalurgi. Penulis juga aktif di dunia seni dan organisasi. Dalam dunia seni, penulis memiliki band bernama Hateaway yang bergerak aktif untuk menyebarkan berita kasih Yesus Kristus melalui musik rock. Sementara pengalaman organisasi penulis dapatkan dari Himpunan Mahasiswa Teknik Material dan Metalurgi (HMMT FTI ITS), serta menjabat sebagai ketua umum Unit Kegiatan Mahasiswa Musik ITS (periode 2013-2014). Dengan penyertaan Tuhan Yesus Kristus, doa dari orang tua, dukungan dari dosen pembimbing, co-pembimbing, dan motivasi tinggi untuk terus belajar dan berusaha, penulis telah berhasil menyelesaikan pengerjaan laporan Tugas Akhir ini. Semoga dengan penulisan laporan Tugas Akhir ini, mampu memberikan kontribusi positif bagi dunia pendidikan, khususnya penelitian bidang akustik. Akhir kata, penulis mengucapkan rasa syukur yang sebesar-besarnya atas terselesaikannya laporan yang berjudul "Analisa Sifat Akustik dan Morfologi Material Komposit Berpenguat Serat Bambu dan Serat Rami"